

03P01261



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Übersetzung der  
europäischen Patentschrift

⑧7 EP 0 496 785 B1

⑩ DE 690 30 318 T 2

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 06 F 3/14**  
B 25 J 9/16

|  |                |
|--|----------------|
| ②1 Deutsches Aktenzeichen:                               | 690 30 318.1   |
| ⑧6 PCT-Aktenzeichen:                                     | PCT/US90/06000 |
| ⑧6 Europäisches Aktenzeichen:                            | 90 915 596.2   |
| ⑧7 PCT-Veröffentlichungs-Nr.:                            | WO 91/06050    |
| ⑧6 PCT-Anmeldetag:                                       | 16. 10. 90     |
| ⑧7 Veröffentlichungstag<br>der PCT-Anmeldung:            | 2. 5. 91       |
| ⑧7 Erstveröffentlichung durch das EPA:                   | 5. 8. 92       |
| ⑧7 Veröffentlichungstag<br>der Patenterteilung beim EPA: | 26. 3. 97      |
| ④7 Veröffentlichungstag im Patentblatt:                  | 16. 10. 97     |

③0 Unionspriorität:

423785 17.10.89 US

⑦3 Patentinhaber:

Perkin-Elmer Corp., Foster City, Calif., US

⑦4 Vertreter:

Diehl, Glaeser, Hiltl & Partner, 22767 Hamburg

⑧4 Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, LU, NL,  
SE

⑦2 Erfinder:

GUIREMAND, Harry, A., Half Moon Bay, CA 95019,  
US

⑤4 ROBOTISCHE SCHNITTSTELLE

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patentamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 690 30 318 T 2

DE 690 30 318 T 2

### Bereich der Erfindung

Die vorliegende Erfindung liegt im Bereich von Benutzerschnittstellen für Computer und findet insbesondere Anwendung bei der Programmierung automatisierter Verarbeitungsgeräte.

### Hintergrund der Erfindung

10 Die Programmierung aller Arten von Computern ist zu einer sehr ausgeklügelten Technik geworden, und computerisierte Techniken zum Aufbau anderer Programme und zur Durchführung von Aufgaben wie Veränderung des Programmablaufs und Änderung der Werte von Variablen in  
15 einem Programm sind alltäglich. Ein Bereich der Computeranwendung, wo solche Techniken eine beträchtliche Anwendung gefunden haben, liegt im Bereich der Steuerung automatisierter Verarbeitungsgeräte.

20 Bei der Steuerung automatisierter Prozesse besteht ein Prozeß häufig aus mehreren Schritten, und einer oder mehrere dieser Schritte können auf verschiedene Arten oder unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt werden. Außerdem kann ein bestimmter Schritt mehr als ein-  
25 mal zu unterschiedlichen Zeitpunkten während des gesamten Prozeßablaufs durchgeführt werden. Betrachten wir beispielsweise ein Gerät zur automatischen Durchführung chemischer Verfahren, die normalerweise von Hand durchgeführt werden. Ein solches Gerät kann ein  
30 robotisches System aufweisen, um Chemikalien an bestimmte Stationen im Gerät zu bringen, wo bestimmte Prozeduren durchgeführt werden können, sowie zu Speicherbereichen, wo Behälter mit verschiedenen Chemikalien, Lösungsmitteln, Reagenzien und anderen Stoffen

gespeichert werden. Eine Station könnte verwendet werden, um Substanzen in den Behältern zu erwärmen, so daß chemische Reaktionen erleichtert oder beschleunigt werden. Es könnte eine andere Station zum Rühren geben.

5 Wieder eine andere Station könnte zum Verdünnen des Inhalts eines Behälters durch Zugabe eines bestimmten Lösungsmittels oder einer anderen Chemikalie dienen. Es gibt viele weitere Prozeduren, für die spezielle Stationen vorgesehen sind oder die sogar in einer einzigen

10 Station durchgeführt werden können.

Bei der Durchführung eines chemischen Verfahrens mit einem wie oben beschriebenen Gerät wäre es von Vorteil, wenn die Reihenfolge der Prozeduren schnell und einfach

15 verändert werden könnte. In einem Fall möchte ein Benutzer beispielsweise ein bestimmtes Probenmaterial aus einer Position in einer Speichermatrix von Teströhrchen auswählen und es dann durch eine Sequenz von Prozeßschritten bewegen. Er möchte möglicherweise die Probe

20 erwärmen, umrühren, eine Enzymlösung hinzufügen, wieder umrühren, wieder erwärmen, eine andere Chemikalie hinzufügen, nach erfolgter Reaktion die Probe in der Speichermatrix an einer anderen Position als der ursprünglichen einsetzen, danach eine andere Probe für eine

25 vollkommen andere Prozedur heraussuchen.

An ein Gerät mit der robotischen Fähigkeit, die beschriebene Schrittsequenz zu verändern, werden spezielle Anforderungen gestellt, die für seine Flexibilität

30 im Gebrauch erforderlich sind. Es muß nicht nur die Schrittsequenz programmierbar sein, sondern die Bedingungen, unter denen jeder Schritt durchgeführt wird, müssen ebenfalls programmierbar sein. Bei einer Aufwärmstation muß der Laborant beispielsweise in der Lage

sein, die Temperatur auszuwählen, auf welche die Probe erwärmt werden soll, und vielleicht auch die Dauer, über welche die ausgewählte Temperatur gehalten werden soll. An einer Rührstation möchte ein Bediener möglicherweise die Stärke steuern können, mit der eine Mischung gerührt wird, sowie die Dauer des Rührens. Es gibt eine Reihe von Variablen an jeder Station in einem solchen Gerät, die ein Bediener möglicherweise steuern möchte.

10

Der Wert eines solchen Geräts wird weitgehend durch seine Flexibilität sowie die Einfachheit und Genauigkeit, mit der Veränderungen in der Reihenfolge der Verfahren und der Größe der Prozeßvariablen verändert werden können, bestimmt. Ein computerisiertes Betriebssystem für ein solches Gerät vorzusehen ist keine einfache Aufgabe. Wenn ein Programm geschrieben wird, in dem die Subroutinen zur Durchführung der verschiedenen Schritte nacheinander eingegeben werden und es keine

15

Möglichkeit gibt, den Programmablauf bei einem Signal von einer Subroutine zu einer anderen zu senden, kann die Schrittsequenz nicht verändert werden. Ein Programm für ein solches Gerät muß modular sein, in dem Sinne, daß Steuersubroutinen in fast jeder Reihenfolge für den

20

Programmablauf abgerufen und angeordnet werden können. Auch innerhalb jeder Steuersubroutine, die einer definierbaren Aufgabe entspricht, muß es für den Bediener eine Möglichkeit geben, die Variablen für jede Art von Aktivität zu verändern, beispielsweise die Temperatur

25

an einer Aufwärmstation.

30

Zusätzlich zur Modularität und Einfachheit bei der Eingabe variabler Werte muß es eine Schnittstelle für den Bediener geben, die es dem Bediener ermöglicht, Schritt-

te in einer Sequenz unter Bezugnahme auf andere Schritte auszuwählen, wobei die Position im Programm weiterhin erkennbar ist. Ohne die Positionsangabe kann ein Bediener beispielsweise leicht variable Werte für einen Schritt eingeben, die für einen anderen Schritt bestimmt waren.

Obwohl es möglich ist, Schritte und variable Werte für ein solches Programm einzugeben, indem Speichermedien eingelesen werden, die offline programmiert werden können, z.B. Disketten oder Bänder, ist es im allgemeinen wünschenswert, online über eine Bedienerschnittstelle die Schrittsequenz zu verändern und variable Werte einzugeben. Durch die Möglichkeit einer Online-Interaktion kann ein Bediener Korrekturen und Einstellungen schnell und einfach durchführen. Eine Bedienerschnittstelle wird jedoch benötigt, gleichgültig ob die Programmierung online oder offline erfolgt.

Üblicherweise ist eine Bedienerschnittstelle für ein solches Steuerprogramm eine interaktive Anzeige auf dem Bildschirm eines Monitors, wo ein Bediener die Schritte umordnen und Werte für Variablen auf eine oder verschiedene Arten eingeben kann. Beispielsweise kann das Programm schriftlich oder akustisch Fragen stellen und dann in einen Eingabemodus gehen, in dem ein Bediener eine Sequenznummer, eine Auswahl aus einer Liste oder einen Wert über eine Tastatur eingeben kann. Das Computerprogramm speichert diese Eingabe an einem bestimmten Speicherort, auf den später während der Ausführung der programmierten Sequenz zugegriffen wird.

Ein weiterer Schnittstellenmechanismus ist die sogenannte Menüsteuerung, wobei das Programm Auswahllisten

auf der Anzeige anbietet und der Bediener durch Bedienen eines Cursors mit Hilfe einer Einrichtung namens Maus eine Auswahl treffen kann, indem er eine Taste auf der Maus drückt und so ein Signal abgibt. In einer menügesteuerten Schnittstelle können auch Textfelder für die Eingabe von Informationen über die Tastatur angezeigt werden.

Bei anderen Arten von Schnittstellen kann ein Prozeßablauf auf einer Anzeigeeinrichtung vom Programm als graphische Symbole für verschiedene Prozesse simuliert werden, wobei die Symbole durch Linien verbunden sind, welche die Kontinuität im Prozeßablauf darstellen. In einigen Fällen kann ein Bediener Symbole von einer Position zu einer anderen im Ablaufplan verschieben und Informationen zu Variablen an der Position eines Symbols, das einen Prozeß darstellt, eingeben.

Ein Problem bei der Darstellung eines Prozeßablaufschemas auf einem Monitor oder einer anderen Computeranzeige ist, daß der Anzeigebereich begrenzt ist. Wenn ein Prozeßablaufschaema eine relativ große Anzahl von Knoten aufweist, wobei ein Knoten ein Symbol oder ein anderes, eine spezielle Aktivität darstellendes Zeichen ist, ist es vielleicht nicht möglich, alle Knoten auf dem Bildschirm anzuzeigen. Die Darstellung aller Knoten wird besonders schwierig, wenn sich darunter auch Textfelder oder Menüs befinden, welche die Eingabe von Prozeßvariablen an einigen oder allen Knoten ermöglichen.

Eine Möglichkeit, das Platzproblem zu lösen, ist die Reservierung separater Bildschirme für separate Teile eines Programms, wobei auf jedem Bildschirm ein Teil eines Gesamtprozeßablaufs dargestellt wird. Bei dieser

Ausführung eines Prozeßablaufschemas muß es ein Menü oder eine andere Einrichtung geben, über die ein Bediener einen Bildschirm auswählen kann.

- 5 Ein Knoten in einem Prozeßablaufschemata zur Gerätesteuerung ist üblicherweise ein Kästchen, ein Dreieck oder ein anderes polygonales Symbol mit identifizierendem Text. Ein Knoten kann auch ein oder mehrere Textfelder zur Eingabe von Informationen aufweisen. Ein Textfeld
- 10 ist ein auf der Anzeige gekennzeichnetes Feld, das ausgewählt werden kann, so daß es aktiv wird, und das dann Eingaben über die Tastatur akzeptiert. Die Eingabe wird üblicherweise vom Computerprogramm im Textfeld angezeigt sowie zur späteren Bezugnahme unter einer zugewiesenen Speicheradresse gespeichert. Wenn Knoten in einem solchen Programm Textfelder enthalten, ist das Problem des Anzeigeplatzes entscheidender, weniger Knoten können angezeigt werden, und mehr Bildschirme sind für die Anzeige eines ganzen Prozeßablaufschemas erforderlich.
- 15
- 20

- Die Beziehung von Knoten zueinander in einem Prozeßablauf ist im allgemeinen sequentiell, wobei manchmal alternative (parallele) Pfade vorhanden sind. Die Beziehung von Informationen an einem Knoten ist jedoch
- 25 üblicherweise hierarchisch, d.h. die Informationen an jedem Knoten sind begrifflich, logisch angeordnet, um den Inhalt zu verdichten und die primären Begriffe eines Absatzes zu denen eines anderen direkter in Beziehung zu setzen. Eine Möglichkeit, hierarchische Informationen platzsparend auf einer Anzeige anzuordnen, wird durch Programme wie Thinktank, MaxThink und More verkörpert, die von Living Videotext Co., Inc. in Mountain View, CA, vertrieben werden. Bei einem Übersichts-
  - 30

programm kann eine Übersicht zusammengezogen werden, so daß nur Hauptüberschriften angezeigt werden.

5 Aus einer zusammengezogenen Übersicht, die in ein Programm wie Thinktank eingegeben wird, kann ein Benutzer mit einem geeigneten Signal, z.B. durch Positionieren eines Cursors auf einer Überschrift und Drücken einer Taste, bewirken, daß Eingaben auf einer nächsten Ebene angezeigt werden, während die ursprüngliche Ebene weiterhin angezeigt wird. Die nächstniedrigere Ebene wird  
10 üblicherweise um eine Position von einer nächsthöheren Ebene eingerückt angezeigt. Eine weitere Aufweitung wird genauso durchgeführt, und die unterste Stufe kann, wie bei einer Übersicht typisch ist, aus Textabschnitten  
15 anstelle einer Überschrift bestehen. Man kann dann die Übersicht in verschiedenen Zuständen der Aufweitung und Zusammenziehung ansehen und dabei auf jene Teile der Übersicht zugreifen, die zu einem bestimmten Zeitpunkt benötigt werden.

20 Ein ähnlicher Mechanismus für das Zusammenziehen und Aufweiten von Übersichten sind Fenster, die bei Apple Computern wie der MacIntosh-Reihe üblich sind. Durch "Anklicken" eines graphischen Symbols wird ein Fenster  
25 angezeigt. Fensterprogramme, z.B. Microsoft Windows und X Windows, werden auch für andere Computer, z.B. mit IBM PCs kompatible Systeme, sowie für größere Computersysteme, z.B. Systeme mit einer UNIX-Bedienerumgebung, immer populärer.

30 "Anklicken" ist ein Kurzbegriff für das Positionieren eines Cursors auf dem Symbol und das Drücken einer Taste. Ein Fenster ist ein Bildschirmbereich, wie eine kleinere Anzeige, die über der ursprünglichen Anzeige,



scheinbar auf einer anderen Ebene, wie eine andere Schicht positioniert ist. Ein Fenster scheint auf dem ursprünglichen Bildschirm zu schweben. Fenster niedrigerer Ordnung in einer Hierarchie können wiederum über anderen Fenstern schweben. Beim MacIntosh Finder-System und vielen Anwendungen können Fenster durch Ziehen, was dem Anklicken ähnelt, von einer scheinbaren Ebene auf eine andere und an verschiedene Positionen auf einer Anzeige bewegt werden. Microsoft Windows für IBM-kompatible Geräte wird von Microsoft Corporation in Redmond, WA, vertrieben.

Fenster können so programmiert werden, daß sie Textfelder, Menüs, Kontrollkästchen zur Auswahl und andere interaktive Merkmale enthalten. Ein großer Nachteil ist, daß bei Fenstern die Beziehung eines Knotens zu anderen Knoten in einem Prozeßablauf verloren geht, wenn ein Fenster geöffnet wird. Es gibt keine visuelle Verbindung zu einem Ablaufschema, wenn das Fenster geöffnet ist.

In einem bei der "1987 Fall Joint Computer Conference" veröffentlichten Paper, "Exploring Technology: Today and Tomorrow", 25.-29. Oktober 1987, Dallas (USA), S. 129-137, besprechen die Autoren eine ikonische Programmiersprache HI-VISUAL. Die Autoren schlagen eine stufenweise Auflösung eines Programms vor, bei welcher der Benutzer zuerst ein Programm der höchsten Stufe erstellt, indem er Programmikone auf einem Bildschirm anordnet. Wenn der Benutzer eines dieser Programmikone anklickt, erscheint ein neues Fenster, in dem Details des Programms auf einer niedrigeren Stufe spezifiziert sind. Sobald die Ikone der niedrigeren Stufe spezifiziert sind, kann das Fenster geschlossen und zur Pro-

grammsequenz der höheren Stufe zurückgekehrt werden. Die Anzeige der Sequenz von Programmikonen höherer Stufe geht verloren, wenn eines der Programmikone der höheren Stufe aufgeweitet wird.

5

Es gibt auch mehrere unterschiedliche Mängel von interaktiven Bedienerchnittstellen zur Erzeugung von Prozeßschemata und anderen sequentiellen Programmen sowie zur Bearbeitung knotenspezifischer Variablen und anderer hierarchischer Informationen an einem Knoten. Einer davon ist, wie bereits oben erwähnt, die Unfähigkeit, komplizierte Schemata vollständig auf einem einzigen Bildschirm anzuzeigen. Ein weiterer ist der Verlust von Bezugsinformationen bei Aufweitungs- und Zusammenzugs-  
 10 techniken, z.B. Fenstern. Wieder ein anderer ist das gleiche Aussehen von Knoten, das eine Bezugnahme auf Zahlen oder geschriebene Beschreibungen zur Identifizierung erfordert, was leicht zu Fehlern führen kann. Noch ein weiterer ist die übliche Anforderung, Knoten  
 15 zusammenzuziehen, bevor unterschiedliche Bildschirme ausgewählt werden, um andere Teile eines umfassenden Prozeßablaufschemas anzuzeigen.  
 20

Was eindeutig benötigt wird, ist eine interaktive  
 25 Schnittstelle mit Knoten, die durch deskriptive graphische Symbole dargestellt sind, so daß spezielle Aktivitäten und Aktivitätenketten leicht zu erkennen sind. Eine solche Schnittstelle sollte Bezugsinformationen von einem Knoten zu umgebenden Knoten in einem Prozeß-  
 30 ablauf hierarchisch aufrechterhalten, ungeachtet des Zustands der Aufweitung oder Zusammenziehung. Um das Problem des Aufrufens anderer Bildschirme zu vermeiden, sollte das Programm auch eine Anzeige aufweisen, die zu jedem Zeitpunkt ein Fenster auf ein Gesamtablaufscha-

ist, wodurch dem Benutzer ermöglicht wird, über andere Teile des Schemas zu schwenken, ohne den Bildschirm zu wechseln. Schließlich sollte die Schnittstelle für Anwendungen, die eine robotische Prozeßsteuerung umfassen, nicht nur ein Visualisierungsmittel für den Prozeßablauf sein, sondern auch ein Eintippen direkt in das ihr zugeordnete Gerät ermöglichen, so daß das Gerät über die Schnittstelle bedient wird.

10

### Zusammenfassung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung wird in den beigefügten Ansprüchen dargelegt.

15 In Übereinstimmung mit bevorzugten Ausführungen der Erfindung wird eine leistungsstarke und flexible robotische Steuersprache beschrieben, für die der Benutzer die typischen, bei der Computerprogrammierung verwendeten Dialekte nicht benötigt. Die Sprache bietet eine  
20 fortschrittliche Benutzerschnittstelle zur Programmierung der Funktion komplexer Geräte, beispielsweise eines Laborroboters. Die Schnittstelle erleichtert schnelles Lernen und ist auch ein bequemes Alltagsinstrument zur Verwendung durch Fachleute. Dies wird für  
25 Roboter durch die Verwendung einer ikonischen Programmiersprache für die Beschreibung von Roboteroperationen und eine intuitive, interaktive Umgebung zur Erzeugung, Bearbeitung und Ausführung von Programmen erreicht. Die ikonische Programmiersprache unterscheidet sich von  
30 traditionellen Sprachen auf Textbasis primär dadurch, daß ihre Symbole Ikone anstelle von Worten sind, mit dem Vorteil, daß Ikone unmittelbar erkennbar sind, unabhängig von der Muttersprache sind, nicht falsch buchstabiert werden können, und daß ein einziges Symbol

viele miteinander verbundene Funktionen darstellen kann. Die Funktion der Syntax, der formalen Beziehungen zwischen Symbolen, wird in dieser visuellen Programmiersprache durch geordnete und zwangsläufige Arten der  
 5 Platzierung von Symbolen in Beziehung zueinander erreicht.

Gemäß einem bevorzugtem Verfahren der Erfindung wird ein automatisiertes Gerät so programmiert, daß es einen  
 10 Prozeß durchführt, indem eine Sequenz erster Ikone auf einer Anzeige in der Reihenfolge des Prozesses angeordnet wird, worin die ersten Ikone Funktionen des Geräts darstellen, und worin wenigstens eines der ersten Ikone eine visuelle Darstellung einer Funktion des Geräts  
 15 ist. Dieses wenigstens eine erste Ikon kann so aufgeweitet werden, daß es zweite Ikone anzeigt, welche die Funktion des wenigstens einen der ersten Ikone aufweisen, und wenigstens eines der zweiten Ikone ist eine visuelle Darstellung einer untergeordneten Funktion des  
 20 Geräts. Wenn das wenigstens eine der ersten Ikone aufgeweitet wird, hält das wenigstens eine der ersten Ikone seine eigene sequentielle Beziehung zu den anderen der ersten Ikone in der Sequenz wie vor der Aufweitung auf der Anzeige aufrecht.

25

#### Kurze Beschreibung der Abbildungen

Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines automatisierten Labors zur Durchführung chemischer Prozesse.

30

Fig. 2 ist ein Blockschaltbild einer Steuerschnittstelle für das automatisierte Labor aus Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine Auswahl exemplarischer Ikone, die im automatisierten Labor für verschiedene Laborfunktionen verwendet werden können.

- 5 Fig. 4 zeigt einen Bildschirm eines erfindungsgemäßen Programms Proto für einen DNS-Markierungs- und Hybridisierungsprozeß namens Blotter.

10 Fig. 5 zeigt eine Anzeige einer Aufweitung erster Stufe des Ikons, das den Blotter-Prozeß darstellt.

Fig. 6 zeigt eine Anzeige einer Aufweitung zweiter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Hybridisieren" darstellt.

- 15 Fig. 7 zeigt eine Anzeige einer Aufweitung dritter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Temperatur" innerhalb des Subprozesses "Hybridisieren" darstellt.

- 20 Fig. 8 zeigt eine Anzeige einer Aufweitung zweiter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Schneiden und Markieren" veranschaulicht.

- 25 Fig. 9 zeigt eine Aufweitung dritter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Restriktionsenzyme zugeben" des Subprozesses "Schneiden und Markieren" darstellt.

- 30 Fig. 10 zeigt eine Aufweitung vierter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Gruppe 4: Hodgkin-Krankheit" innerhalb des Subprozesses "Restriktionsenzyme zugeben" darstellt.

Fig. 11 zeigt eine Aufweitung fünfter Stufe des Blotter-Ikons, die den Subprozeß "Ligaid Q+" darstellt.

Fig. 12 zeigt ein Menü "Dateien".

Fig. 13 zeigt ein Menü "Bearbeiten".

5 Fig. 14 zeigt ein Menü "Ansicht".

Fig. 15 zeigt ein Menü "Spezial".

Fig. 16 zeigt ein Menü "Lauf".

10

Fig. 17 zeigt ein Menü "Hilfsmittel".

Fig. 18 zeigt ein Menü "Einrichten".

15 Fig. 19 zeigt ein Fenster zur Auswahl von Gruppenproben.

Fig. 20 zeigt ein Fenster zur Auswahl von Restriktionsgruppen.

20

Fig. 21 zeigt ein Fenster zur Auswahl von Proben.

Fig. 22 zeigt ein Diagramm der Codestruktur für die Programmiersprache Proto.

25

### Beschreibung der bevorzugten Ausführungen

Diese Erfindung bezieht sich auf eine interaktive Benutzerschnittstelle zum Programmieren von Prozeßgeräten und zum Bearbeiten und Speichern anderer relationaler und hierarchischer Informationen. Daher wird ihre Beschreibung in den Zusammenhang einer bestimmten Anwendung gestellt, um ihre Verwendung und Leistung zu veranschaulichen. Fachleute werden erkennen, daß der Zu-

30

sammenhang nur zur Veranschaulichung dient und daß auch andere Beispiele für automatisierte Geräte verwendet werden könnten.

- 5 Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht eines automatisierten Labors (AL) 11 zur Durchführung chemischer Prozesse, wie sie z.B. in der Molekularbiologie vorkommen. Ein Computer 13 mit einem Bildschirm 15, einer Tastatur 17 und einer Maus 19 ist an das AL angeschlossen. Com-  
10 puter, Bildschirm, Maus und Tastatur sind Hardware-Komponenten einer Bedienerschnittstelle, mit der das AL programmiert wird, Arbeitssequenzen durchzuführen, Prozesse und Prozeßsequenzen zu starten und anzuhalten und um Prozeßvariablen für bestimmte Aktivitäten einzugeben  
15 und zu verändern. In der bevorzugten Ausführung ist der Computer ein MacIntosh II von Apple Computer, Cupertino, CA, es können jedoch auch andere Computer verwendet werden.
- 20 Das AL hat eine geschlossene Aufwärmstation 21, eine Kühlspeicherstation 23, eine Waschstation 25, eine Speicherposition 27 zum Speichern und Präsentieren häufig verwendeter Flüssigkeiten, z.B. von destilliertem Wasser und Lösungsmitteln, sowie eine Separationssta-  
25 tion 29 zum Separieren von in Probenflüssigkeiten schwebenden Stoffen. Eine Transportvorrichtung 31 führt eine Nadel 33 eines Pipettensystems zum Ansaugen von Flüssigkeiten aus Behältern an den verschiedenen Sta-  
30 tionen und zum Abgeben dieser Flüssigkeiten in Behälter an derselben oder anderen Stationen. Das Pipettensystem umfaßt in der bevorzugten Ausführung zwei Spritzenpumpen (nicht abgebildet). Eine Pumpe dient zum relativ groben Transfer, die andere zum Transfer präziser Flüssigkeitsmengen. Es gibt auch Antriebe, Motoren, Senso-

ren, Leiterplatten, Stromquellen und andere Vorrichtungen (nicht abgebildet), die für ein solches Gerät typisch sind. Ein Ende des AL im Bereich 46 ist aufgeschnitten dargestellt, so daß interne Details zu sehen sind.

Die Aufwärmstation 21 hat Positionen zur Aufnahme einer Mehrzahl von Fläschchen mit Proben und Flüssigkeitsmischungen. Ihr Deckel 45 wird automatisch geschlossen, um die Oberseiten aller Fläschchen in der Station beim Aufwärmen abzudichten. Die Kühleispeicherstation 23 weist in der bevorzugten Ausführung eine Anordnung von Fläschchenpositionen auf, die der Anordnung in Station 21 ähnelt, mit dem Unterschied, daß der Deckel darauf nicht geöffnet werden kann. Der Deckel hat Löcher, durch welche die Pipettennadel gesteckt werden kann, um Flüssigkeiten anzusaugen oder abzugeben. Die Speicherposition 27 ist ein eingekerbter Bereich, in den der Benutzer Träger stellen kann, die eine Anzahl von Röhrchen mit häufig verwendeten Flüssigkeiten enthalten. Die Separationsstation 29 weist zwei Reihen von Fläschchenpositionen zur Separation von Stoffen auf, die in Lösungen schweben, indem ein Extraktionsprozeß durchgeführt wird. Die Separationsstation hat auch einen Widerstandserhitzer, um die Wärme von Flüssigkeiten an der Station und in wassergekühlten Passagen zu halten, auch zur Temperatursteuerung.

Das Transportgerät 31 bewegt sich entlang des Schlitzes 35, der über den Speicher- und Aktivitätsstationen verläuft. Die Pipettennadel ist entlang des Arms 37 der Transportvorrichtung in Richtung des Pfeils 39 beweglich, und das Transportgerät ist entlang des Schlitzes 35 in Richtung des Pfeils 41 beweglich, so daß die Pi-



pette über jeder beliebigen Behälterposition an einer  
 Aktivitätsstation positioniert werden kann. Die Pipet-  
 tennadel ist auch vertikal in Richtung des Pfeils 43  
 beweglich, so daß das Transportgerät ein XYZ-  
 5 Mechanismus ist, der die Pipette in jedem Behälter im  
 AL plazieren kann.

Die Pipette dient zum Ansaugen von Flüssigkeit aus ei-  
 nem beliebigen Behälter und zur Abgabe in einen belie-  
 10 bigen anderen Behälter. Mit der Pipette können Mischun-  
 gen aus verschiedenen Chemikalien und anderen Flüssig-  
 keiten hergestellt, verdünnt und konzentriert sowie zu  
 einem beliebigen Fläschchen oder anderen Behälter im AL  
 transportiert werden. Das Pipettensystem kann auch dazu  
 15 dienen, Flüssigkeiten zum Mischen in einem Behälter  
 aufzurühren, indem die Flüssigkeit mehrmals hinterein-  
 ander in einem Behälter angesaugt und wieder abgegeben  
 wird. Die Waschstation 25 wird zum Waschen und Spülen  
 der Pipettenspitze nach einem Flüssigkeitstransfer ver-  
 20 wendet, um Kreuzkontamination zu verhindern.

Computer 13, Bildschirm 15, Maus 19 und Tastatur 17  
 werden mit einem einzigartigen Programm verwendet, im  
 folgenden Proto genannt, um Steuersequenzen herzustel-  
 25 len und spezielle Eigenschaften für die verschiedenen  
 Aktivitäten einzurichten, die eine vollständige Steuer-  
 sequenz ausmachen, sowie um spezielle Aktivitätenketten  
 zu initiieren und zu beenden. Fig. 2 ist ein Block-  
 schaltbild, das Steueraktivitäten und -module dar-  
 30 stellt.

Computer 13, Tastatur 17, Maus 16 und Anzeige 15 sind  
 auf übliche Weise miteinander verbunden, und der Compu-  
 ter ist durch eine Kommunikationsleitung 47 mit einem

elektronischen Schnittstellenmodul 49 verbunden. Eine Vielzahl von Kommunikationsprotokollen kann verwendet werden. Da das System jedoch mit dem Apple MacIntosh implementiert wurde, wird das Protokoll Appletalk bevorzugt. Wie in der Technik üblich ist, umfaßt das Modul 49 Schaltelemente zur Umwandlung von Signalen niedriger Stufe in Spannungen und Ströme, welche die Antriebe und Motoren des AL betätigen können, Stromquellen, Analog-Digital-Umwandler und Digital-Analog-Umwandler sowie andere Geräte, die für die Umsetzung von niederstufigen Signalen vom Computer auf ausreichende Werte für den Antrieb der Aktivitäten des AL erforderlich sind. Die Linie 51 stellt Mehrfachleitungen dar, durch die sowohl Kommunikation als auch Strom zwischen dem Modul 49 und speziellen Antrieben sowie Sensoren des AL geleitet werden.

X-Antrieb 53, Y-Antrieb 55 und Z-Antrieb 57 sind die drei Dimensionsantriebe der Transportvorrichtung, und jeder dieser Antriebe umfaßt auch Positionssensoren, die über das Modul 49 Signale zurück zum Computer senden, so daß der Computer aktualisierte Informationen über die Position der Transportvorrichtung besitzt. Der Ansaugantrieb 59 veranlaßt die sich bewegende Pipette, Flüssigkeit aus einem Behälter anzusaugen, nachdem die Pipette positioniert wurde, und der Abgabeeantrieb 61 veranlaßt, daß Flüssigkeit von der Pipette abgegeben wird. Sowohl beim Ansaugen als auch beim Abgeben gibt es Zeitgeber und Sensoren (nicht abgebildet), welche die Geschwindigkeit und Menge von angesaugter oder abgegebener Flüssigkeit steuern.

Die Wärmesteuerung 63 dient zur Erwärmung an der Aufwärmstation und umfaßt thermale Sensorelemente, um den

Computer über die Wärmewirkung zu informieren. Die Separationssteuerung 64 manipuliert Baugruppen an der Separationsstation. Die Kühlsteuerung 65 dient zum Halten der Temperatur an der Kühltasche 23 und umfaßt einen Temperatursensor. Der Waschantrieb 67 führt den Waschschrift an der Waschstation durch, um die Pipette zwischen Transferprozeduren unter Verwendung der Pipette zu waschen. Mischvorgänge werden bei Bedarf in der bevorzugten Ausführung durch mehrfaches Ansaugen und Abgeben von Flüssigkeit in Fläschchen und anderen Behältern durchgeführt.

Wie oben angeführt, läuft in der bevorzugten Ausführung ein einzigartiges Programm namens Proto auf dem Computer, um Steuerprogramme zu erzeugen, variable Werte einzugeben und zu bearbeiten sowie Prozeßsequenzen zu initiieren und zu beenden. Proto ist ein ikonisches Programm, das graphische Symbole, sogenannte Ikone, verwendet, um Prozesse, Prozeßschritte und andere Aktivitäten darzustellen. Proto bietet eine einzigartige Benutzerschnittstelle, die für die Bearbeitung hierarchischer Informationen und die Steuerung vieler Arten von Prozeßinstrumenten und -geräten nützlich ist.

Proto weist einen Satz von Routinen auf, die es einem Benutzer ermöglichen, Ikone auszuwählen, die verschiedene Aktivitäten darstellen, und die Ikone in Ablaufschemata zu organisieren, die den Prozeßablauf darstellen, wobei die Ikone auf der Anzeige durch Linien verbunden sind. Die Ikone können auch verschachtelt sein, so daß eine relativ komplexe Aktivitätensequenz durch ein einzelnes Ikon dargestellt werden kann, und das einzelne Ikon kann am Platz aufgeweitet werden, so daß es eine verbundene Sequenz von Ikonen zeigt, die

Schritte in komplexeren Sequenzen darstellen. Die Ikone zweiter Stufe können auch aus Sequenzen anderer Ikone bestehen, die ebenfalls am Platz aufweitbar sind, bis auf der untersten Stufe die Ikonensequenzen aus Ikonen bestehen, die fundamentale Prozeßschritte darstellen. Die fundamentalen Schritte in der bevorzugten Ausführung sind üblicherweise selbst Sequenzen noch grundlegender Aktivitäten. Beispielsweise kann eine Anweisung des Programms an das AL, die Transportvorrichtung in die Ausgangsposition zu bringen, ein fundamentaler Schritt sein. Das Steuersystem verfolgt durch Sensoren die Echtzeitposition der Transportvorrichtung, und die Ausgangsposition ist eine dem Computer bekannte Position, so daß der Computer dann den X-Antrieb und den Y-Antrieb in die geeigneten Richtungen betreiben würde, um die Ausgangsposition zu erreichen. Fundamentale Schritte könnten jedoch auch so grundlegend sein wie z.B. den Z-Antrieb um einen bestimmten Betrag in eine Richtung zu bewegen.

20

Fig. 3 ist eine Auswahl, die eine Anzahl der im Proto-Programm vorgesehenen Ikone zur Verwendung beim Aufbau und Betrieb von Steuerprogrammen zum Betrieb des AL darstellt. Die Funktionen der abgebildeten Ikone sind angegeben, und nur eine Auswahl der implementierten Ikone wird gezeigt. Proto bietet dem Benutzer eine Fähigkeit, neue Ikone zu definieren und die Beziehung zu Funktionen neuer Ikone in einem Programm zu spezifizieren, d.h. welcher Code in ein Programm eingefügt werden soll und welche Signalkette erzeugt und gesendet werden soll, wenn ein Ikon aktiviert wird.

30

Ein fundamentales Ikon ist in der bevorzugten Ausführung üblicherweise aufweitbar, so daß es ein Eingabe-

fenster anzeigt, das es einem Bediener ermöglicht, variable Werte für den fundamentalen Prozeßschritt, der durch ein Ikon dargestellt wird, einzugeben oder zu bearbeiten. Zusätzlich werden die graphischen Ikone so  
 5 gezeichnet, daß sie eindeutig die Schritte, Schrittsequenzen oder vollständigen Prozesse darstellen, die sie bezeichnen. In diesem Sinne sind die Ikone Verben. Ein Ikon für Abgeben ist beispielsweise ein kleines Bild eines Teströhrchens, in dem die Flußrichtung des Mate-  
 10 rials in das Röhrchens dargestellt ist. Dieses Ikon kann dann so aufgeweitet werden, daß die fundamentalen Prozesse abgebildet werden, die in der Funktion Abgeben verwendet werden.

15 In anderen Programmen als Proto, die z.B. in der Hypercard-Anwendung von Apple Computer oder dem Programm Microsoft Windows hergestellt wurden, führt die Aufweitung eines Symbols dazu, daß ein Fenster über dem Ikon schwebt, und die Netzdarstellung, falls vorhanden,  
 20 erscheint so, als ob sich das Fenster in einer separaten graphischen Schicht auf dem Bildschirm befindet. Solche Fenster können oft durch einen Bediener auf dem Bildschirm neu positioniert werden und dadurch in einer anderen Schicht, vor oder hinter anderen Fenstern, angeordnet werden. Daher geht die Beziehung des Symbols  
 25 zum Rest der Elemente auf dem Bildschirm verloren.

In Proto sind die Ikone am Platz aufweitbar, und das durch Aufweitung eines Ikons angezeigte neue Netz oder  
 30 Bedienungsfeld wird immer noch in Verbindung mit der Netzsequenz auf beiden Seiten dargestellt. Außerdem wird das vorherige Ikon, obwohl es nicht mehr sichtbar ist, als Rand eines Kästchens, welches das Netz niedrigerer Ordnung umgibt, immer noch dargestellt, wodurch

es dem Benutzer weiterhin die Beziehung mitteilt. Die Aufweitung am Platz ermöglicht einem Benutzer eine genaue Bestimmung des Platzes in einem Netz von Ikonen und verringert die Wahrscheinlichkeit teurer Fehler bei der Plazierung und Entfernung von Ikonen, um eine Prozeßsequenz zu verändern, sowie bei der Eingabe oder Bearbeitung von Variablen für bestimmte Aktivitäten. Außerdem greift Proto, obwohl die Aufweitung zu einem erhöhten Konkurrenzkampf führt, nicht wie andere Programme auf separate Bildschirme zurück, wodurch die Beziehungskontinuität unterbrochen würde, sondern ermöglicht das Rollen (Schwenken) eines einzigen Bildschirms im aufgeweiteten Zustand, so daß ein Benutzer das gesamte Prozeßnetz in jedem aufgeweiteten oder zusammengezogenen Zustand ansehen kann.

Fig. 4 ist ein Bildschirm eines aktuellen Programms namens Blotter, das in Proto zur Steuerung des AL hergestellt wurde, um einen Prozeß zur Markierung ausgewählter DNA-Sequenzen durchzuführen. Im Bildschirm aus Fig. 4 befindet sich das Prozeßnetz in seinem zusammengezogensten Zustand, reduziert auf ein einziges leeres Ikon 69 namens Blotter. Eine Menüleiste 71 enthält Bezeichnungen, die ausgewählt werden können, um Programmierfunktionen zur Erzeugung und Bearbeitung von Programmen in Proto zu aktivieren. Das Blotter-Ikon 69 ist das Ikon für das vollständig zusammengezogene Blotter-Steuerprogramm, um das AL oder ein anderes Verarbeitungsgerät zu bedienen. Es gibt eine vertikale Bildlaufleiste 75 und eine horizontale Bildlaufleiste 77 zum Rollen des Bildschirms. Im vollständig zusammengezogenen Zustand wie in Fig. 4 sind die Bildlaufleisten leer dargestellt, da der Bildschirm nicht gerollt zu

werden braucht. Das einzelne Ikon 69 stellt das gesamte Steuerprogramm dar.

Ein Cursor 79, der auf dem Bildschirm als leicht geneigter Pfeil dargestellt ist, kann als Reaktion auf eine Bewegung der Maus 19 (Fig. 1) über den gesamten Bildschirmbereich bewegt werden. Die Cursorbewegung kann auch durch andere Vorrichtungen, z.B. einen Joystick, einen Palmball, einen Puck sowie Tasten auf der Tastatur, bewirkt werden. Die Auswahl auf dem Bildschirm erfolgt durch Positionieren des Cursors auf einen bestimmten Punkt und kurzzeitiges Drücken einer Taste auf der Maus. Diese kombinierte Handlung wird, wie oben angegeben, in der Technik "Anklicken" genannt, z.B. "Anklicken des Blotter-Ikons". Diese Terminologie wird im folgenden in der vorliegenden Beschreibung verwendet. Eine andere Aktion wird in einigen Fällen durch "Doppelklicken" initiiert. Darunter versteht man das Positionieren des Cursors und zweifaches Drücken der Taste schnell hintereinander.

Durch Anklicken des Blotter-Ikons kann ein Benutzer den Blotter-Prozeß für einige Aktionen oder zum Bearbeiten auswählen. Üblicherweise wird dann in Proto der angeklickte Punkt auf der Anzeige hell unterlegt, und jede ausgewählte und aktivierte Menüfunktion wirkt sich auf den hervorgehobenen Prozeß aus. Durch Doppelklicken wird in Proto ein Ikon am Platz aufgeweitet, so daß in einer bestimmten Reihenfolge angeordnete Subprozesse angezeigt werden, aus denen der durch das Ikon dargestellte Prozeß besteht, oder zeigen im Fall eines Ikons auf der fundamentalen Stufe ein Kästchen zur Eingabe von Variablen, das Bedienungsfeld für das jeweilige Ikon genannt wird, in dem Auswahlen getroffen und Va-

riablen eingegeben werden können, um die Eigenschaften einer durch das Ikon initiierten Aktion zu ändern.

Eine Aufweitung erster Stufe ist in Fig. 5 dargestellt, welche die Anzeige nach dem Doppelklicken des Blotter-Ikons darstellt. In Fig. 5 stellt ein Rechteck 81 den Blotter-Prozeß dar, der in Fig. 4 durch das Ikon 69 dargestellt wurde. Innerhalb des Rechtecks 81 befindet sich eine Sequenz aus sieben Subprozessen: Laden, 10 Schneiden und Markieren, Hybridisieren, Denaturieren, Herausziehen, Waschen und Entnehmen. Diese sind durch Linien verbunden, die einem Benutzer deutlich angeben, daß der Blotter-Prozeß aus diesen sieben Subprozessen in der Reihenfolge besteht, die gemäß der Konvention 15 von links nach rechts über die Zeit dargestellt ist. Die Beziehung von einem Prozeß zu einem anderen und die hierarchische Beziehung sind deutlich erkennbar.

Das den Blotter-Prozeß darstellende Rechteck 81 hat in 20 der oberen linken Ecke ein kleines Kästchen 83, das als Schließkästchen bezeichnet wird. Durch Anklicken des Schließkästchens wird die Darstellung des in Fig. 5 dargestellten Netzes zum einzelnen Ikon wie in Fig. 4 dargestellt zusammengezogen. Jedes aufgeweitete Rechteck 25 weist ein Schließkästchen auf, mit dem es geschlossen und somit auf eine Darstellung höherer Ordnung zusammengezogen werden kann. Üblicherweise kann das Zusammenziehen, d.h. Schließen, auch durch Hervorheben des Kästchens und Auswählen eines Schließbefehls aus 30 dem Dateimenü in der Menüleiste oder durch Hervorheben und eine Tastenkombination durchgeführt werden.

Ein Benutzer kann ein beliebiges der sieben Subprozeß-ikone aus Fig. 5 anklicken, um dieses Ikon zur Bearbei-



tung oder für eine andere Aktion hervorzuheben, oder auf ein beliebiges Icon doppelklicken, um diesen Subprozeß auf eine nächstniedrigere Detailstufe zu öffnen. Durch einmaliges Anklicken innerhalb des Rechtecks 81, ohne daß der Cursor auf einem der sieben Unterprozeßikone steht, wird das Blotter-Rechteck hervorgehoben, was funktionell gleichwertig mit der Hervorhebung des Blotter-Ikons in Fig. 4 ist.

Fig. 6 zeigt eine neue Anzeige, das Ergebnis des Doppelklickens auf den Subprozeß "Hybridisieren", um ihn zu öffnen. Dies ist eine Aufweitung zweiter Stufe. Nun befinden sich zwei Rechtecke auf dem Bildschirm, wobei das Rechteck 85 den Subprozeß "Hybridisieren" und das Rechteck 81 den Blotter-Prozeß darstellt. Das Rechteck 85 ist zusammen mit den sechs anderen Subprozessen, die den Blotter-Prozeß bilden, innerhalb des Rechtecks 81 verschachtelt. Die Beziehung des Subprozesses "Hybridisieren" zu den anderen sechs Subprozessen ist deutlich durch die Verbindungslinien dargestellt, und nun wurde der Subprozeß "Hybridisieren" am Platz aufgeweitet, so daß eine Sequenz von fünf Aktivitäten niedrigerer Ordnung angezeigt wird, die den Subprozeß "Hybridisieren" ausmachen: "Probe 1", "Probe 2", "Probe 3", "Probe 4" und "Temperatur".

Im aufgeweiteten Zustand aus Fig. 6 kann nicht das ganze Netz auf dem Bildschirm abgebildet werden, da die beiden Aufweitungen mehr als die volle horizontale Ausdehnung des Bildschirms in Anspruch nehmen. Das vollständige Netz in seinem aufgeweiteten Zustand kann jedoch immer noch auf der einzigen Anzeige angesehen werden, da der Anzeigebereich durch Verwendung der horizontalen Bildlaufleiste nach links und nach rechts ge-

schwenkt werden kann. Die Anzeige kann auch durch einen Prozeß namens Ziehen geschwenkt werden. Der Benutzer kann den Cursor an einem Punkt außerhalb aller Ikone plazieren, die Maustaste drücken und gedrückt halten, während er die Maus bewegt. Das Bild auf dem Bildschirm bewegt sich dann, als ob ein Dokument, das größer ist als der Bildschirm, hinter dem Bildschirm bewegt wird. Der Bildschirm dient als bewegliches Fenster über ein Dokument, das größer ist als der Bildschirm.

10

Obwohl in Fig. 6 nicht dargestellt, könnten andere Ikone ebenfalls aufgeweitet werden, ohne den Ikon "Hybridisieren" zu schließen, und die anderen würden ebenfalls am Platz aufgeweitet, ohne daß die Beziehung zum Rest des Netzes verloren ginge. Durch Schwenken könnte dennoch das gesamte Netz in den Anzeigebereich bewegt werden.

20

Fig. 7 zeigt das Ergebnis des Doppelklickens auf das Temperaturikon aus Fig. 6, wodurch das Bedienungsfeld 87 angezeigt wird, das einem Benutzer die Eingabe und Bearbeitung von Merkmalen für die Temperatursteuerung ermöglicht. Das Bedienungsfeld für die Temperatursteuerung hat in diesem Fall Textfelder für Gestell, Temperatur, Anstieg, Haltezeit und Ausfallsicherungsbereich. Wenn das Temperaturikon im Prozeßablauf aktiviert ist, wird für die gezeigten Eingaben die Temperatur eines Gestells, das als das Reaktionsgestell bekannt ist, bei einem maximalen Anstieg (so schnell wie möglich) auf eine Temperatur von 65°C gebracht, und die Temperatur wird 15 Minuten lang gehalten. Es gibt auch ein Textkästchen für die Eingabe eines Ausfallsicherungsbereiches, im Beispielfall keiner. Ein Bedienungsfeld hat wie ein Prozeßrechteck ein Schließkästchen, und ein

30

Benutzer kann das Bedienungsfeld für die Temperatursteuerung schließen, nachdem er Eingaben gemacht oder bearbeitet hat, wodurch sich die Anzeige zurück auf die Anzeige aus Fig. 6 zusammenzieht.

5

Nicht jeder Subprozeß muß dieselbe Anzahl verschachtelter Stufen haben. Fig. 8 zeigt das Netz, wobei der Subprozeß "Hybridisieren" wieder auf das Ikon "Hybridisieren" zusammengezogen ist und der Subprozeß "Schneiden und Markieren" auf die nächste Stufe aufgeweitet ist. Das Rechteck 89 stellt den Subprozeß "Schneiden und Markieren" dar, der gemäß Fig. 7 aus zwei weiteren Subprozessen besteht: "Restriktionsenzyme zugeben" und "Markieren". Die Zugabe von Restriktionsenzymen ist ein Teil des chemischen Verfahrens, mit dem DNA-Moleküle geschnitten werden.

15

Fig. 9 zeigt die Anzeige nach dem Doppelklicken auf den Subprozeß "Restriktionsenzyme zugeben", der in Fig. 9 durch das Rechteck 91 dargestellt ist. Der Subprozeß "Restriktionsenzyme zugeben" ist als Auswahl von einem von vier parallelen Pfaden angezeigt, je nachdem welche Restriktionsenzymgruppe ein Benutzer für einen bestimmten Blotter-Prozeß auswählt. Dies ermöglicht Veränderungen in den für jeden einzelnen Pfad durchzuführenden Chemieprotokollen.

20

25

Fig. 10 zeigt eine weitere Aufweitung als Ergebnis des Doppelklickens auf das Ikon der Gruppe 4, "Hodgkin-Krankheit", im Rechteck "Restriktionsenzymgruppen zugeben". Das Rechteck 93 in Fig. 10 stellt das Ikon "Hodgkin-Krankheit" aus Fig. 9 dar. Fig. 10 zeigt, daß es eine Sequenz aus 5 Restriktionsenzymen gibt, die der Gruppe "Hodgkin-Krankheit" zugefügt werden können. Fig.

30

11 zeigt das Ergebnis des Doppelklickens auf das Icon "Ligaid Q+" aus Fig. 10. Das Bedienungsfeld 95 dient dazu, Steuervariablen zum Ansaugen von Ligaid Q+ durch die Pipette im Blotter-Prozeß einzustellen. Fig. 11  
 5 zeigt Textfelder zum Einstellen des Volumens, Auswählen der Quelle, Einstellen der Pumpengeschwindigkeit, Auswählen der Höhe an der Quelle, von der angesaugt werden soll, Einstellen der Hub- und Absenkgeschwindigkeit für den Pipettenantrieb sowie Einstellen einer Luftlücke  
 10 und eines Vorabgabevolumens.

Um einen Prozeß vollständig zu definieren, öffnet ein Benutzer die erforderlichen Ikone, weitet sie bis zur gewünschten Stufe auf, gibt die zur Definition des Prozesses erforderlichen Werte ein und zieht dann das Netz  
 15 wieder zusammen. Ein so definiertes Blotter-Programm kann gespeichert und bei Bedarf verwendet werden, um denselben Prozeß zu steuern.

20 Proto umfaßt Hilfsmittel, auf die über die Menüleiste 71 zugegriffen werden kann, um die Sequenz von Ikonen zu verändern, neue Ikone einzugeben, Ikone zu löschen, Namen zu ändern und alle Funktionen durchzuführen, die für den Aufbau von Programmen erforderlich sind. Durch  
 25 Anklicken einer Auswahl in der Menüleiste kann sich ein Bediener ein Menü anzeigen lassen. Der Bediener kann dann den Cursor im Menü nach unten auf eine aufgeführte Funktion ziehen. Diese Funktion wird aktiviert, wenn der Bediener die Maustaste losläßt. Dieses Verfahren  
 30 ist in menügesteuerten Programmen bekannt.

Einige der Menüs in Proto sind in vielen Apple-Programmen üblich und für einen geschulten Programmierer wiedererkennbar. Durch Auswahl des Apple-Logos in

der Menüleiste wird beispielsweise ein Menü von Funktionen angezeigt, die als Tischzubehör geladen werden, z.B. Auswahl, Kontrollfelder, u.a.

- 5 Das in Fig. 12 abgebildete Menü "Datei" dient zur Aktivierung von Funktionen, die sich auf solche Aktivitäten wie Öffnen, Schließen, Sichern und Ausdrucken von Dateien in Proto beziehen. In vielen Fällen kann eine Funktion über die Tastatur durch eine Tastenkombination
- 10 aktiviert werden, ohne die Auswahl in der Menüleiste anzuklicken. In diesem Fall wird die Tastenkurzkombination neben der Funktionsbezeichnung in der Funktionsliste angegeben. Im Menü "Dateien" wird durch die Auswahl von "Neu" ein neues Fenster auf dem Bildschirm ange-
- 15 zeigt, das verwendet werden kann, um unter Verwendung von anderen Funktionen aus den Menüs, die unten genauer beschrieben werden, ein neues Steuerprogramm zu erzeugen. Bei "Öffnen" wird ein Durchlauffenster angezeigt, durch das ein Bediener auf jede Speichereinrichtung des
- 20 Computers, üblicherweise Laufwerke, zugreifen, sich die Proto-Programme auf jedem Speichermedium anzeigen lassen und ein Programm zur Anzeige und Bearbeitung auswählen kann. In der bevorzugten Ausführung gleichen das angezeigte Durchlauffenster und die Listen jenen, die
- 25 MacIntosh-Benutzern vertraut sind.

- Mit "Schließen" wird die Anzeige eines Proto-Programms vom Bildschirm entfernt. Mit "Sichern" wird ein angezeigtes, bearbeitetes Programm auf einem Speichermedium
- 30 gesichert, wo es zum Laden (Öffnen) zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung steht. Mit "Sichern unter..." kann ein Bediener ein offenes Programm unter einem anderen Namen auf einem Speichermedium speichern. Es wird ein Dialogfenster angezeigt, in das der Bediener den

- neuen Namen eingeben kann. Die Funktion "Sichern unter..." ermöglicht es einem Benutzer, ein bestehendes Programm zu bearbeiten, um ein neues Programm zu erzeugen, das dem bestehenden gleicht. "Kopie sichern unter..." ist eine ähnliche Funktion wie "Sichern unter...", mit dem Unterschied, daß nach Verwendung der Funktion statt dem neuen Programm das alte Programm weiterhin auf dem Bildschirm angezeigt wird.
- 10 Durch "Alte Fassung" im Menü "Datei" wird das Proto-Programm in der Form angezeigt, in der es zuletzt abgespeichert wurde. "Papierformat" ist eine Funktion, die MacIntosh-Benutzern vertraut ist und die es dem Benutzer ermöglicht, für den MacIntosh zu spezifizieren, welche Art von Seitenlayout zum Drucken verwendet wird, z.B. DIN-Format, Briefformat, legales Format, usw. "Drucken" ist die Befehlsfunktion, um die aktuelle Datei zum Ausdrucken an den in der Funktion "Auswahl" angegebenen Drucker zu senden. "Beenden" ist eine Funktion, die in der bevorzugten Ausführung die aktuelle Datei schließt und das Proto-Programm auf die MacIntosh-Oberfläche zurückführt. Alle Dateifunktionen sind MacIntosh-Benutzern vertraut.
- 25 Die Auswahl "Bearbeiten" aus der Menüleiste stellt eine Liste von Funktionen dar, die für die Bearbeitung von Proto-Programmen nützlich sind. Das Menü "Aufbereiten" ist in Fig. 13 abgebildet. Diese Funktionen sind MacIntosh-Benutzern ebenfalls vertraut, da sie in anderen Programmen verwendet werden, die für den MacIntosh geschrieben wurden. Mit "Kopieren" beispielsweise, wenn es in einem Textverarbeitungsprogramm verwendet wird, wird üblicherweise eine Textauswahl in einen für diesen Zweck reservierten Speicher kopiert, wo darauf zuge-
- 30

griffen werden kann, um sie in ein offenes Dokument an einer anderen Stelle einzufügen. In Graphikprogrammen wird "Kopieren" verwendet, um einen ausgewählten Pixelbereich oder einen ausgewählten Vektor bzw. eine Gruppe von Vektoren zu kopieren, auf die dann zugegriffen werden kann, um sie zurück in ein Bild an einer anderen Stelle einzufügen, ohne die ursprüngliche Auswahl zu entfernen oder zu verändern. "Kopieren" in Proto funktioniert anders. In Proto wird durch "Kopieren" nicht nur ein ausgewähltes Ikon kopiert, sondern alle verschachtelten Ikone auf einer niedrigeren Stufe in der Netzordnung, die sich zum Zeitpunkt des Kopierens dort befinden, alle den Ikonen zugeordneten Bedienungsfelder sowie, was entscheidend ist, der jedem der Ikone und Bedienungsfelder zugeordnete Programmiercode. Durch eine Funktion "Einsetzen" nach einem "Kopieren" werden dann das kopierte Ikon, die Elemente niedrigerer Ordnung sowie alle zugeordneten Programmcodes eingefügt.

"Widerrufen" im Menü "Bearbeiten" ist eine Funktion, die das Ergebnis der letzten ausgeführten Funktion löscht. Es wird üblicherweise benutzt, um die Folgen eines Fehlers zu korrigieren. Mit "Ausschneiden" werden ein hervorgehobenes Ikon, alle Ikone niedrigerer Ordnung, die dem hervorgehobenen Ikon zugeordnet sind, alle Bedienungsfelder, die den Ikonen niedrigerer Ordnung zugeordnet sind, sowie alle Codes, die den Ikonen und Bedienungsfeldern zugeordnet sind, gelöscht. Das Netz wird dort, wo das hervorgehobene Ikon entfernt wurde, wieder zusammengefügt. Mit "Ausschneiden" wird eine Kopie des entfernten Elements in dem für "Einsetzen" reservierten Speicher gespeichert, so daß die entfernten Elemente an anderer Stelle im Programmnetz wieder eingesetzt werden können.

- "Kopieren" wurde oben beschrieben, ebenso "Einsetzen". "Einsetzen" kann verwendet werden, um eine Kopie von Elementen als Folge der Funktion entweder "Ausschneiden" oder "Kopieren" einzusetzen. Mit "Löschen" werden
- 5 ein hervorgehobenes Ikon, Ikone niedrigerer Ordnung und Bedienungsfelder, die dem hervorgehobenen Ikon zugeordnet sind, sowie die den anderen Elementen zugeordneten Codes gelöscht, ohne eine Kopie für "Einsetzen" abzuspeichern. "Löschen" ist ein funktioneller Radiergummi.
- 10 Mit "Farbe einstellen" kann ein Benutzer die Farbe von Elementen steuern, die im Proto-Programm angezeigt werden, z.B. die Hintergrundfarbe eines Prozeßrechtecks oder eines Ikons.
- 15 Das in Fig. 14 abgebildete Menü "Ansicht" bietet Funktionen, die steuern, wie ein Benutzer Anzeigen eines Proto-Programms ansehen kann. Durch "Einzoomen" kann ein Benutzer eine Anzeige vergrößern und durch "Auszoomen" kann er von der vergrößerten zur normalen, also
- 20 kleineren Anzeige zurückkehren. Durch "Als Text ansehen" werden Elemente in der Anzeige als Text statt als graphische Symbole angezeigt. Mit "Notizen verbergen" kann ein Benutzer ein Programm ohne Textnotizen auf dem Bildschirm anzeigen.
- 25 "Spezial" hat eine aus zwei Punkten bestehende Menüliste: "Methode prüfen" und "Volumen neu berechnen". Das Menü "Spezial" ist in Fig. 15 abgebildet.
- 30 Mit "Methode prüfen" wird geprüft, ob das gesamte Ikonennetz intern konsistent ist und innerhalb der Beschränkungen der bezeichneten Hardware durchführbar ist. Mit "Volumen neu berechnen" werden Flüssigkeitsmengen berechnet, die für die Durchführung des Verfah-



rens erforderlich sind, und die Ladeschritte innerhalb dieser Volumenmengen aktualisiert.

Das in Fig. 16 abgebildete Menü "Lauf" bietet Menüfunktionen, um das Starten und Anhalten von Prozeßabläufen gemäß einem Proto-Prozeßnetz zu steuern. Mit "Start" wird eine Prozeßsequenz veranlaßt, beim ersten Schritt zu beginnen und dann mit den Schritten fortzufahren, die durch die Ikone im Proto-Netz dargestellt werden. Mit "Anhalten" wird eine Prozeßsequenz zu dem Zeitpunkt und in der Position im Prozeßablauf angehalten, wo die Funktion "Anhalten" von einem Benutzer aktiviert wird. Mit "Wiederaufnehmen" wird ein angehaltener Prozeßablauf wiederaufgenommen. Durch "Abbrechen" wird der Prozeßablauf abgebrochen, und die Steuerung kehrt zum Beginn des Prozeßablaufs zurück. Nach "Abbrechen" hat "Wiederaufnehmen" keine Wirkung.

Das in Fig. 17 abgebildete Menü "Hilfsmittel" bietet Ikone, die Systemfunktionen darstellen. Durch Hervorheben eines Ikons in einem Prozeßnetz, das in einem Proto-Programm angezeigt wird, und anschließende Auswahl eines Ikons aus "Hilfsmittel" werden das Icon, alle verschachtelten Funktionen und Bedienungsfelder sowie zugeordnete Codes für die dargestellten Elemente an einer Position unmittelbar hinter dem hervorgehobenen Icon in das Prozeßablaufsnetz eingefügt. Mit der Funktion "Hilfsmittel" kann ein Benutzer von einem leeren Bildschirm aus ohne zu kopierende Ikone Programme aufbauen.

Die Ikone des Menüs "Hilfsmittel" sind die Ikone der untersten Stufe, welche die letzte Aufweitungsstufe vor einem Bedienungsfeld darstellen. Wegen ihrer Komplexi-

tät werden diese Ikone im Programm durch Codierung in der Computersprache, die für die Implementierung des Proto-Programms verwendet wird, erstellt. In der bevorzugten Ausführung ist diese Sprache die bekannte Sprache C.

Andere Aspekte des Systems können ebenfalls in der ikonischen Sprache implementiert werden. Beispielsweise kann ein in Fig. 18 abgebildetes Menü "Einrichten" verwendet werden, durch das mit der Tastatur oder der Maus leicht bestimmte Anordnungen für das AL-Gerät, das durch ein Proto-Programm wie z.B. Blotter gesteuert wird, spezifiziert werden können. Ähnliche Einrichtungsfunktionen könnten für ein Proto-Programm programmiert werden, mit dem ein ganz anderes automatisiertes Gerät, z.B. ein Maschinenwerkzeug, betrieben wird. Außerdem kann das System so programmiert werden, daß durch Auswahl von "Proben gruppieren" im Menü "Einrichten" das System das Dialogfenster aus Fig. 19 anzeigt. Dies ist ein Beispiel für ein Fenster, das verwendet wird, um physische Merkmale des Gerätes darzustellen. Beispielsweise kann die Anordnung aus 8 mal 12 Positionen in Fig. 19, die durch numerierte Spalten und mit Buchstaben bezeichnete Reihen identifiziert werden, verwendet werden, um ein im AL für Proben verwendetes Fläschchentablett mit 96 Positionen darzustellen. Ein Benutzer kann die Gruppierungen in der graphischen Anordnung und auch die Bezeichnungen für die Gruppierungen durch die Textfelder verändern. Durch Anklicken von "OK" können Veränderungen gespeichert werden. Die dadurch angegebenen Bezeichnungen teilen dem System mit, wo es nach Probengruppen suchen soll, wenn diese durch Ikone in einem Prozeßablauf aufgerufen werden.

Ähnlich kann das System so programmiert werden, daß durch die Auswahl von "Restriktionsgruppen auswählen" in der bevorzugten Ausführung das Dialogfenster aus Fig. 20 angezeigt wird. Mit den Textfeldern im Fenster  
5 kann ein Benutzer bestimmte Gruppen von Chemikalien und Enzymen identifizieren, die in einer Prozeßsequenz verwendet werden und zum Laden aus verschiedenen Positionen im AL verfügbar sein sollen. Vier der Felder im Dialogfenster aus Fig. 20 haben Bildlaufleisten an einer  
10 Seite. Diese Felder sind als Bilddurchlauffelder bekannt, und man kann mit den Pfeilen und Bildlaufleisten durch Listen rollen, die zu lang sind, um vollständig im Feld angezeigt zu werden.

15 Ähnlich kann das System so programmiert werden, daß in der bevorzugten Ausführung durch Auswahl von "Proben auswählen" das Dialogfenster aus Fig. 21 angezeigt wird. Mit dem Dialogfenster "Proben auswählen" kann ein Benutzer Proben in bezug auf Probengruppen identifizieren.  
20

Anhang A ist ein Index zu Proto mit einer kurzen Erläuterung jeder Subroutine. Anhang B ist eine Auflistung jeder der implementierten Subroutinen. Fig. 22 ist ein  
25 Diagramm, das die Proto-Codestruktur darstellt.

Fachleuten ist klar, daß viele verschiedene chemische Prozesse für das AL auf ähnliche Weise programmiert werden könnten, obwohl die vielen Funktionen in der  
30 bevorzugten Ausführung unter Bezugnahme auf den Blotter-Prozeß beschrieben sind. Es ist auch klar, daß ähnliche Funktionen für die automatische Steuerung verschiedener anderer Arten von Prozessen sinnvoll wären, die durch Proto gesteuert werden können. Beispielsweise

könnte man durch Anwendung von Proto auf eine Fräsmaschine mit numerischer Steuerung Funktionen für die Zuordnung bestimmter Werkzeugteile zu unterschiedlichen Werkzeughaltern sowie für die graphische Darstellung von Geschwindigkeit und Zufuhr für den Betrieb einrichten.

Ein erfindungsgemäßes Software-Anwendungsprogramm kann für eine beliebig große Anzahl unterschiedlicher Computer programmiert werden; die Erfindung ist also nicht auf die Apple MacIntosh-Geräte beschränkt, auf denen die bevorzugte, hierin beschriebene Ausführung läuft. Proto-Programme können auch für eine sehr große Anzahl unterschiedlicher Arten von Prozeßgeräten hergestellt werden, nicht nur für das hierin als mit Proto betriebene beschriebene AL-Gerät. Es gibt sehr viele verschiedene Arten von Ikonen, die gezeichnet werden können, und die Ikone können mit oder ohne zugeordneten Text sein. Es gibt gleichermaßen sehr viele verschiedene Arten, wie man unter Beibehaltung der wesentlichen Merkmale der Erfindung spezielle Funktionen in Proto implementieren und initiieren kann. Beispielsweise sind die Pulldown-Menüs in der Menüleiste nicht wesentlich, sondern lediglich praktisch. Popup-Menüs, die als Reaktion auf Tastaturbefehle erscheinen, sowie andere Arten könnten ebenfalls verwendet werden.

0 496 785  
90915596.2

P 33612/96 20/he1

### Patentansprüche

1. Eine interaktive Benutzer-Interface-Rechnereinrichtung (13, 15, 17, 19) zur Steuerung einer automatischen arbeitenden Vorrichtung (11), wobei die Benutzer-Interface-Rechnereinrichtung umfaßt:

einen Rechner (13) zur Verarbeitung von Eingängen bzw. Eingaben und zur Erzeugung von Ausgängen, die die automatisch arbeitende Vorrichtung (11) steuern, um eine Folge von Arbeitsschritten auszuführen;

eine Darstellungseinrichtung (15), die mit dem Rechner verbunden ist, um dem Benutzer eine visuelle Darstellung zu präsentieren;

eine Eingangseinrichtung (17, 19) zum Empfang von Eingaben von dem Benutzer und zur Weiterleitung der Eingaben zum Rechner; und

Software für die Tätigkeit des Rechners und die Wechselwirkung des Rechners mit dem Benutzer;

wobei die Software eine interaktive Darstellung auf der Darstellungseinrichtung erzeugt, die interaktive Darstellung eine in Verbindung stehende Sequenz von Bildsymbolen, Zeichen oder Ikons umfaßt, die Schritte repräsentieren, die durch die automatische arbeitende Vorrichtung durchzuführen sind, und die Eingangseinrichtung betätigbar ist, um ein höherstufiges Ikon in einen in Verbindung stehenden Satz von niederstufigen Ikons aufzuweiten und den in Verbindung stehenden Satz der niederstufigen Ikons in das höherstufige Ikon kollabieren zu lassen bzw. umzuwandeln,

dadurch gekennzeichnet, daß die Software die Expansion und das Kollabieren derartig durchführt, daß der in Verbindung stehende Satz der niederstufigen Ikons die höherstufigen Ikons ersetzt und in der interaktiven Darstellung die gleichen Verbindungen zeigt.

2. Ein interaktives Benutzer-Interface wie in Anspruch 1, aufweisend ein Grafik-Werkzeug, welches dem Benutzer ermöglicht, Ikons in der interaktiven Darstellung hinzuzufügen, zu löschen und neu anzuordnen, um neue Abfolgen von Arbeitsstufen zu kreieren, die durch die automatisch arbeitende Vorrichtung durchzuführen sind.
3. Ein interaktives Benutzer-Interface wie in Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ausgewählte Ikons verbunden werden können, um alternative Parallelwege für den Steuerungsablauf zu schaffen.

4. Ein interaktives Benutzer-Interface wie in Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Expansion zu einem umgrenzenden Kasten (85, 87, 89, 91, 93, 95) führt, welcher die niederstufige Sequenz von Ikons umgibt, wobei der Kasten markiert oder beschriftet ist, um das expandierte höherstufige Ikon zu identifizieren, und wobei der Kasten in der Gesamtsequenz der Ikons an der Stelle des höherstufigen Ikons vor der Expansion eingefügt gezeigt ist.
5. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ikons eine bildliche Assoziation mit den durch die Vorrichtung durchzuführenden Stufen vermitteln.
6. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerungsablauf in der interaktiven Darstellung durch markierte bzw. hervorgehobene Ikons angezeigt wird.
7. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß verbundene bzw. in Verbindung stehende Serien von Ikons kollabieren können, bis lediglich ein Ikon (69) verbleibt, wobei dieses eine Ikon ein Ikon höchster Stufe darstellt, welches das durch den Rechner ausführbare Gesamtprogramm darstellt.
8. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer der niederstufigen Ikons in einen Satz von gleichniedrigstufigen Ikons aufweitbar ist, welche die Verbindungen des niederstufigen Ikons in der interaktiven Darstellung ersetzen und zeigen.

9. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufweitung bis zur Stufe der Grundikons durchführbar ist, die grundsätzlichen Programmstufen darstellen, die nicht weiter in durch Ikons dargestellte Komponentenstufen aufweitbar sind.
10. Ein interaktives Benutzer-Interface nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Grundikon im Ansprechen auf eine Eingabe des Benutzers in eine interaktive Eingangssteuertafel (87, 95) umgewandelt werden kann, welche Felder für die Aufnahme von Werten zur Steuerung von Variablen hat, die für die durch das Grundikon dargestellte Fundamentalstufe spezifisch sind.
11. Ein interaktives Benutzer-Interface nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die interaktive Eingangssteuertafel in der interaktiven Darstellung an der Stelle desjenigen Ikons gezeigt ist, mit welchem sie assoziiert ist.
12. Ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die gesteuerte Vorrichtung ein automatisches Labor (11) zur Durchführung chemischer Verfahren ist.
13. Verfahren zum Einrichten eines durch eine Vorrichtung durchzuführenden Prozesses, aufweisend
  - (a) Auswählen von Ikons aus auswählbaren Ikons, die in einer interaktiven Darstellung eines zugeordneten Rechners gezeigt werden, wobei einzelne der auswählbaren



Ikons eine Stufe oder eine Sequenz von durch die Vorrichtung ausführbaren Stufen darstellen;

(b) Anordnen von Kopien von höherstufigen Ikons in der interaktiven Darstellung in einer verbundenen Sequenz, welche die durch die Vorrichtung durchzuführenden Arbeitsschritte darstellt;

(c) Durchführung einer Aufweitung oder Expansion eines höherstufigen Ikons in einen in Verbindung stehenden Satz aus niederstufigen Ikons; und

(d) Zusammenfallenlassen des verbundenen Satzes von niederstufigen Ikons in die höherstufigen Ikons,

dadurch gekennzeichnet, daß der Satz niederstufiger Ikons das höherstufige Ikon ersetzt und die gleichen Verbindungen in der interaktiven Darstellung zeigt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufweiten in einem umgrenzenden Kasten (85, 87, 89, 91, 93, 95) resultiert, welcher die niederstufigen Ikons umgibt, wobei der Kasten markiert ist, um das höherstufige Ikon zu identifizieren und der Kasten in der Gesamtsequenz der Ikons anstelle des höherstufigen Ikons vor der Aufweitung verbunden gezeigt ist.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß in der Stufe (b) die Ikons parallel aber auch als einander folgende Pfade angeordnet werden können, wobei alternative Pfade für Stufen geschaffen werden, die durch die Vorrichtung durchgeführt werden können.

16. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 15, gekennzeichnet durch Einleiten der Ausführung der Sequenz der Aktionen und durch Hervorheben der Ikons in der interaktiven Darstellung, die ausgeführt werden.
17. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Zusammenfallen in dem Maße durchführbar ist, daß lediglich ein bildliches Ikon (69) verbleibt, wobei dieses eine Ikon dann ein Ikon höchster Stufe ist, das alle Sequenzen der Stufen darstellt, welche durch die nicht kollabierte Sequenz von Ikons repräsentiert wird.
18. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufweitung bis zur Stufe der Grundikons durchführbar ist, welche die Grundarbeitsstufen darstellen, die nicht weiter in Komponentenstufen aufweitbar sind, die durch Ikons dargestellt werden.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne der Grundikons im Ansprechen auf eine Eingabe des Benutzers in eine interaktive Eingangssteuertafel umgewandelt werden können, welche Felder zur Aufnahme von Werten für die Steuerung von Variablen aufweist, die für die Grundarbeitsstufen spezifisch sind, die durch die Grundikons dargestellt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die interaktive Eingangssteuertafel in der Ikonsequenz anstelle des Ikons, dem es zugeordnet ist, verbunden gezeigt wird.

21. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 20, gekennzeichnet durch Vorsehen eines Grafikwerkzeugs, welches den Benutzer in die Lage versetzt, Ikons zu addieren, zu löschen und neu anzuordnen, um neue Sequenzen von Aktionen für die gesteuerte Vorrichtung zu generieren.
22. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die gesteuerte Maschine ein automatisches Labor (11) zur Durchführung chemischer Verfahren ist.
23. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein niederstufiges Ikon in einen Satz von gleichniedrigstufigen Ikons aufweitbar ist, welches die Verbindungen des niederstufigen Ikons in der interaktiven Darstellung ersetzt und zeigt.
24. Ein automatisches Laboratorium zur Durchführung chemischer Prozesse, gekennzeichnet durch ein interaktives Benutzer-Interface nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 12.

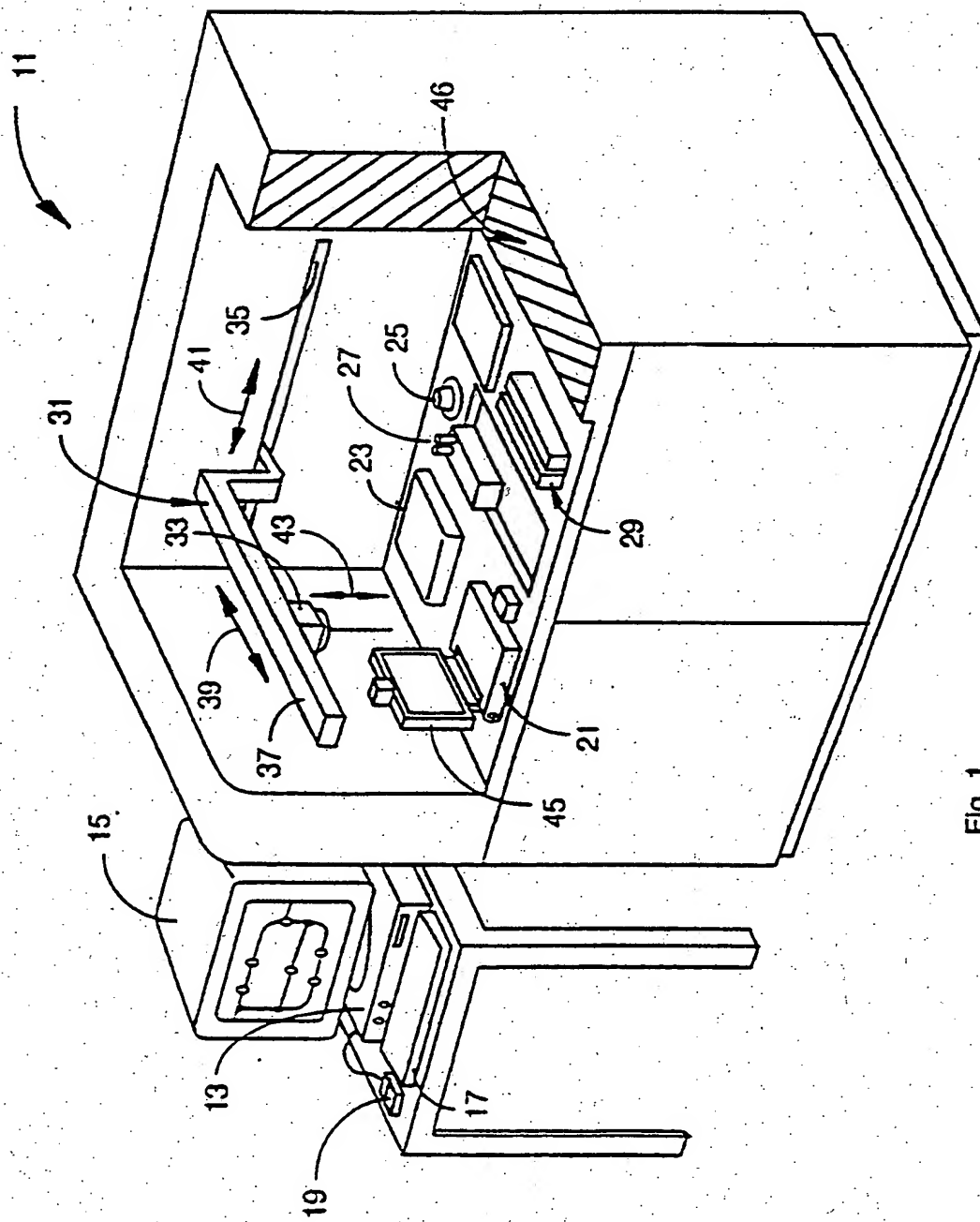


Fig. 1

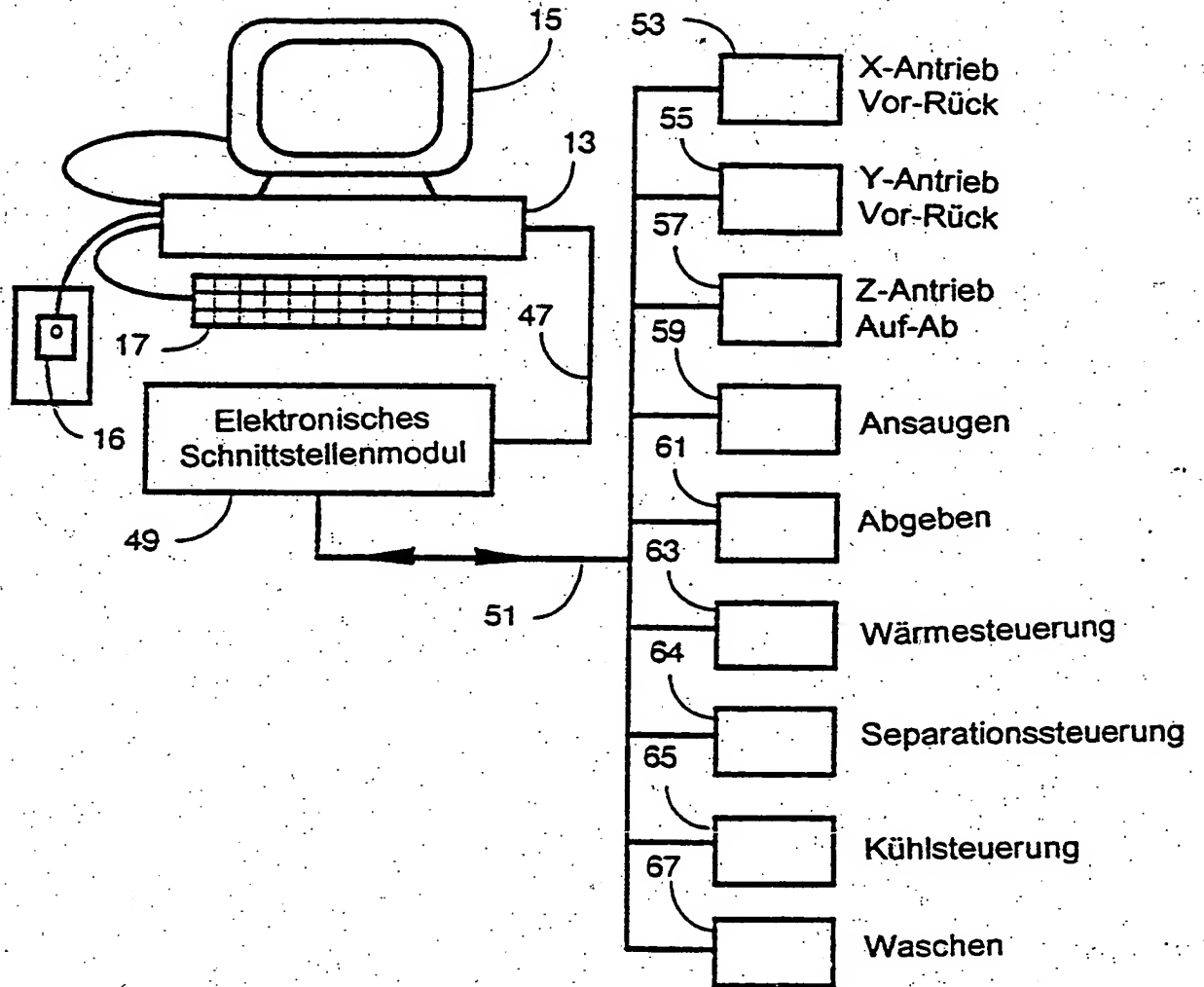


Fig. 2

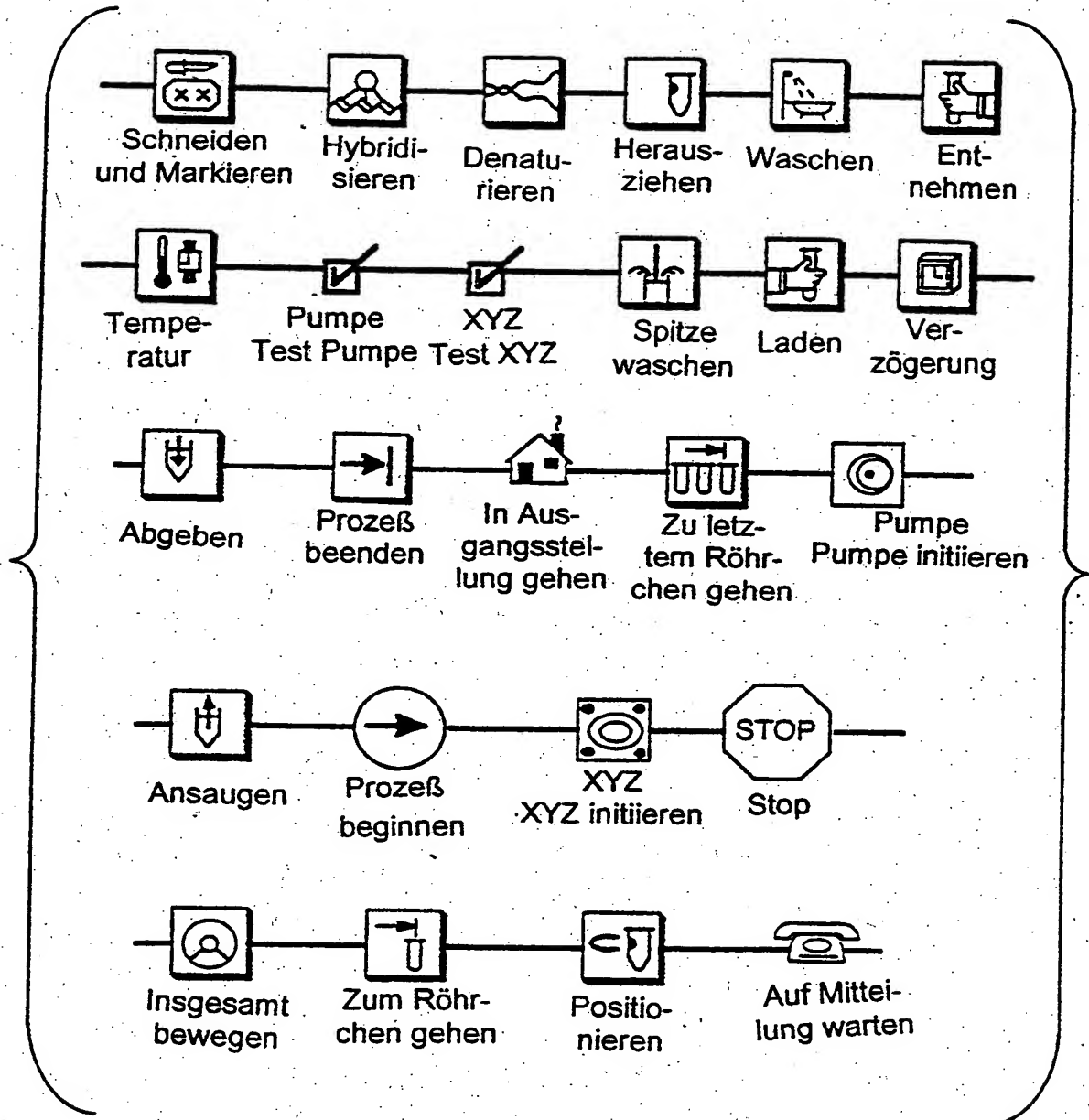


Fig. 3

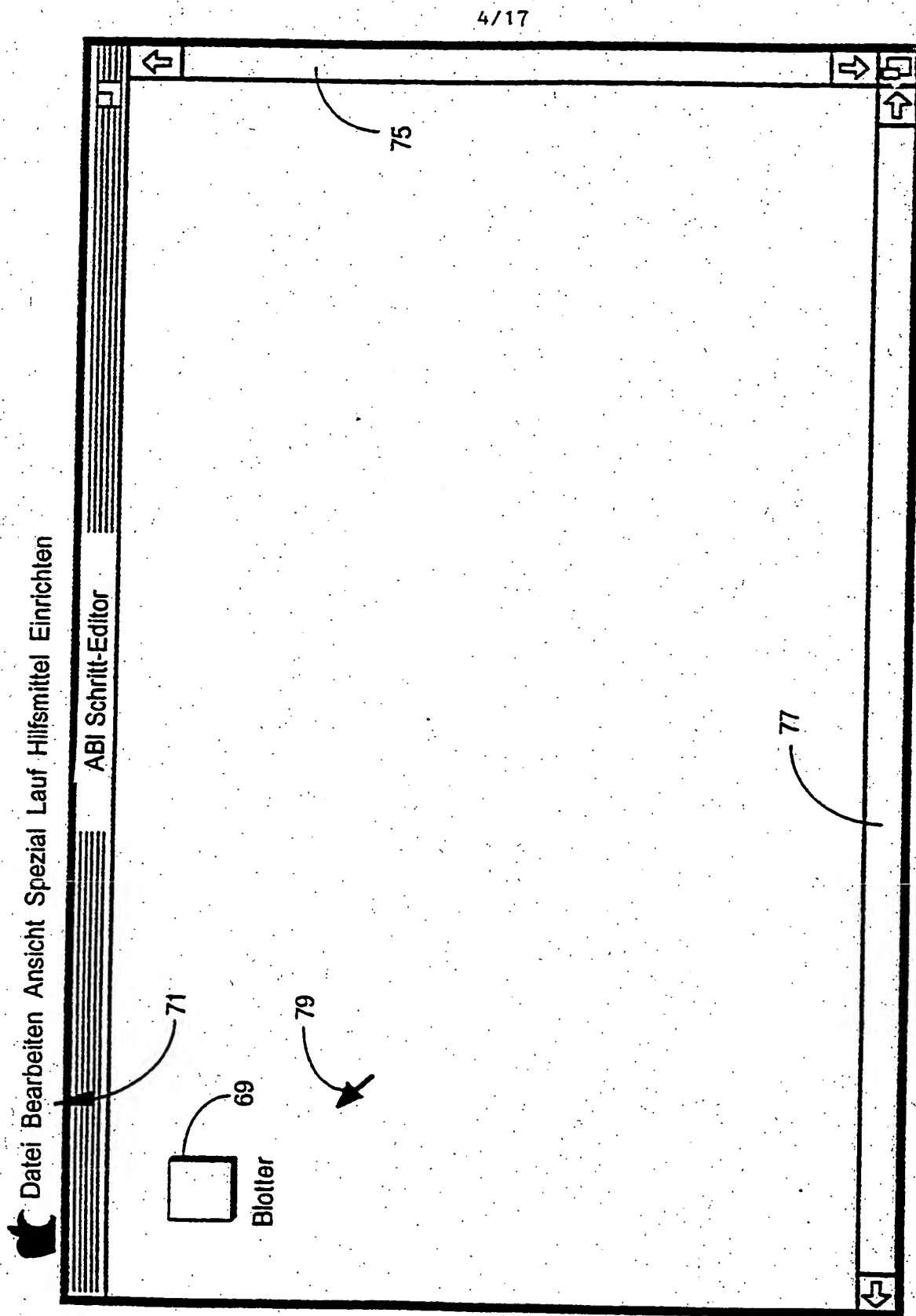


Fig. 4

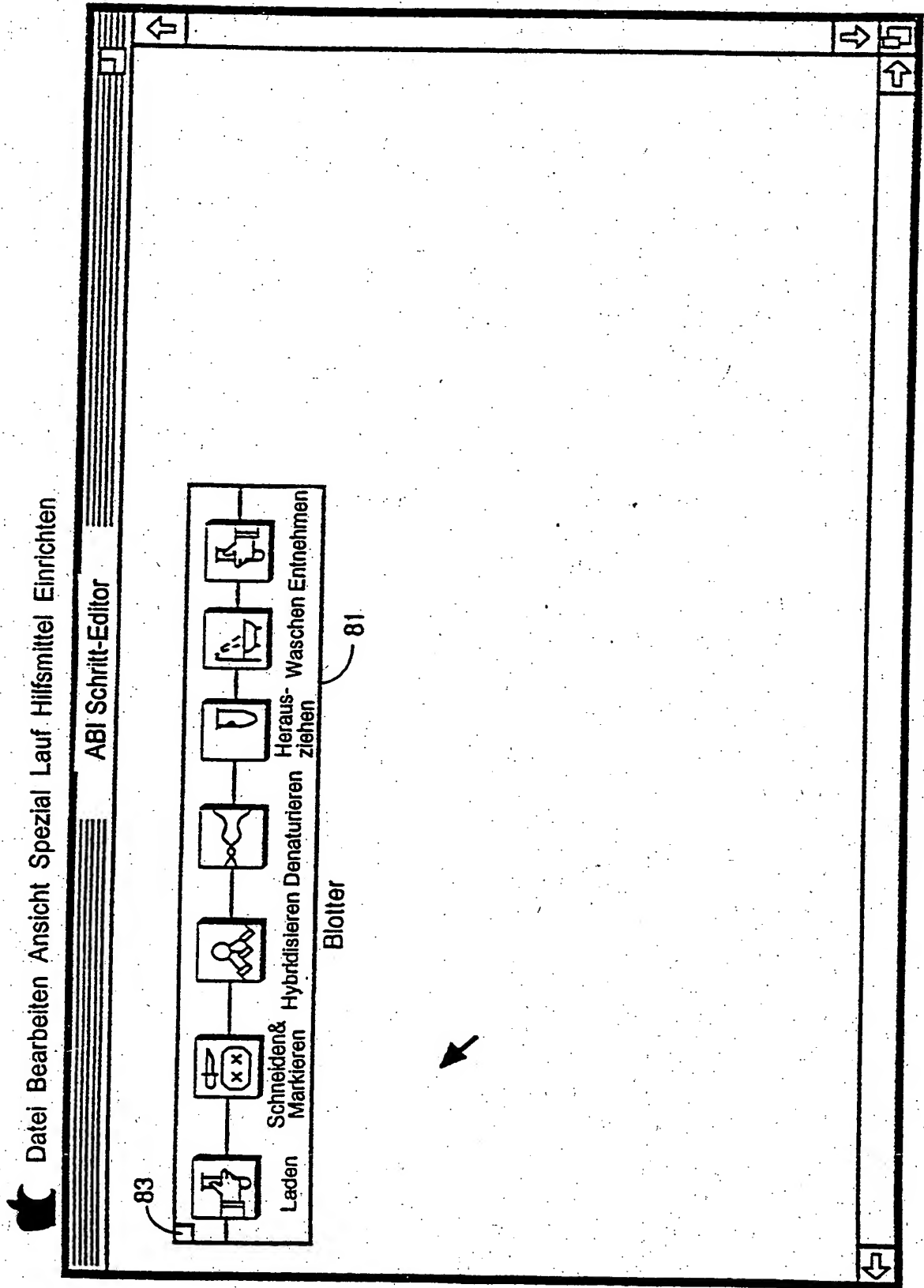


Fig. 5



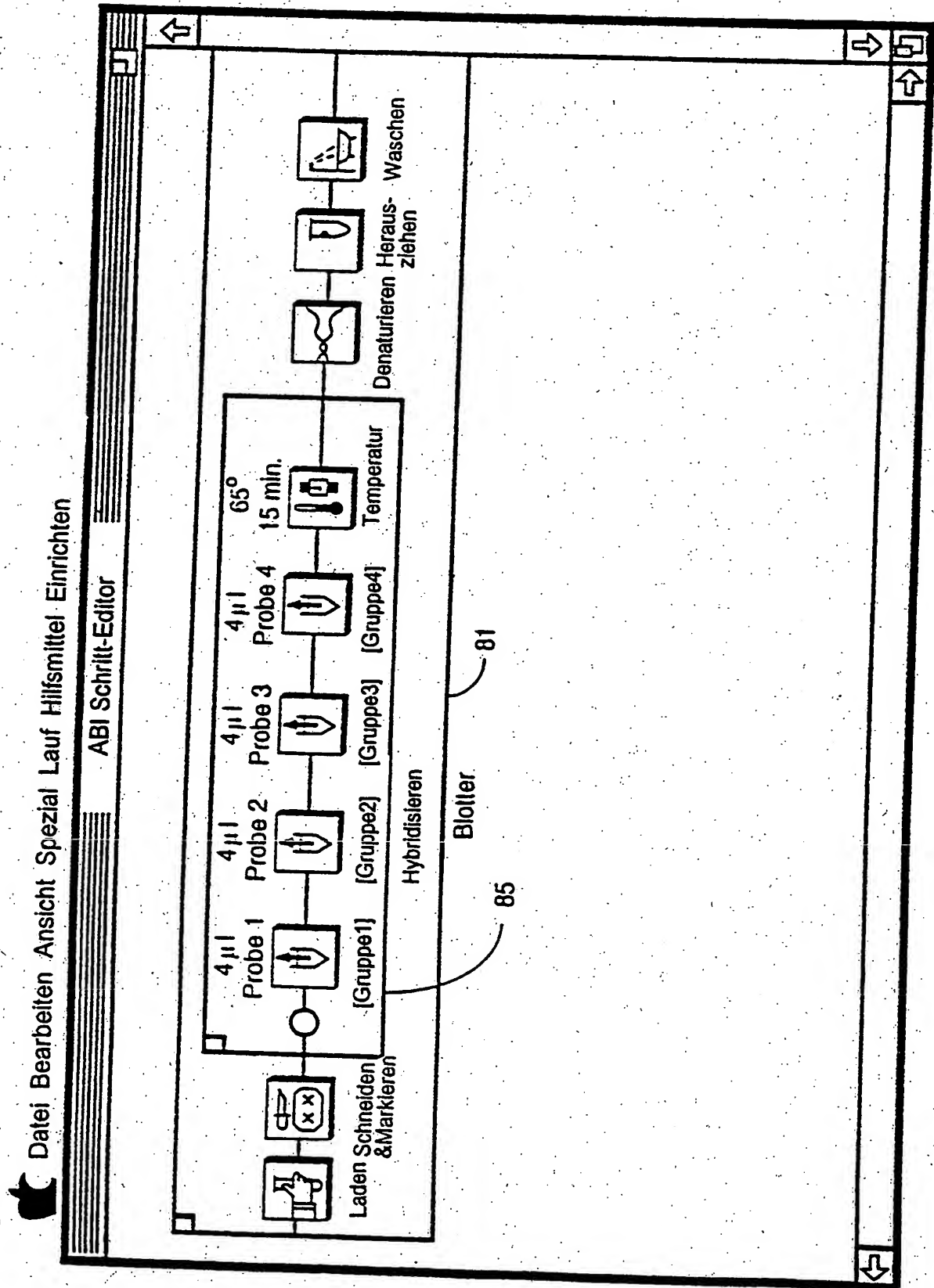


Fig. 6

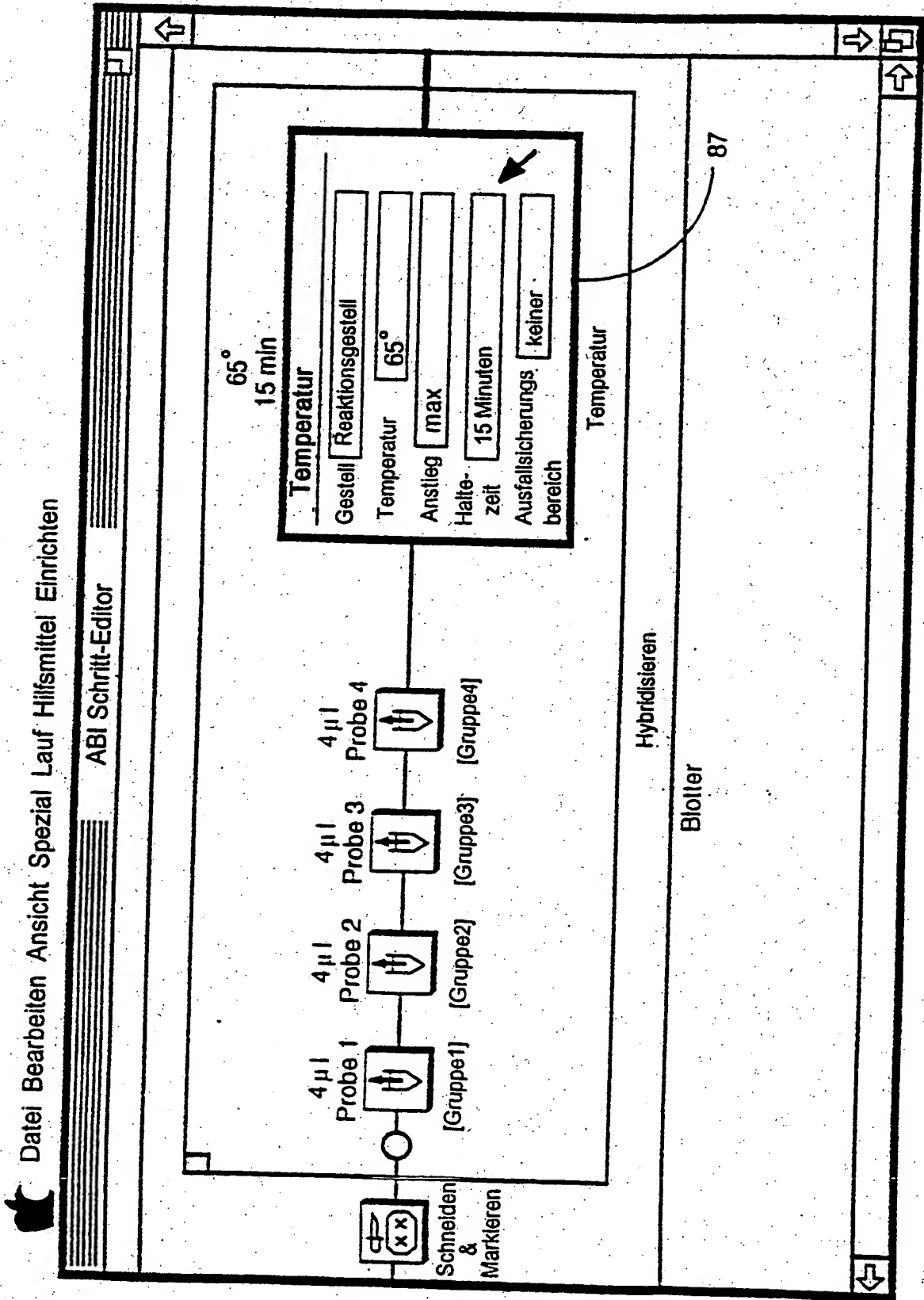


Fig. 7

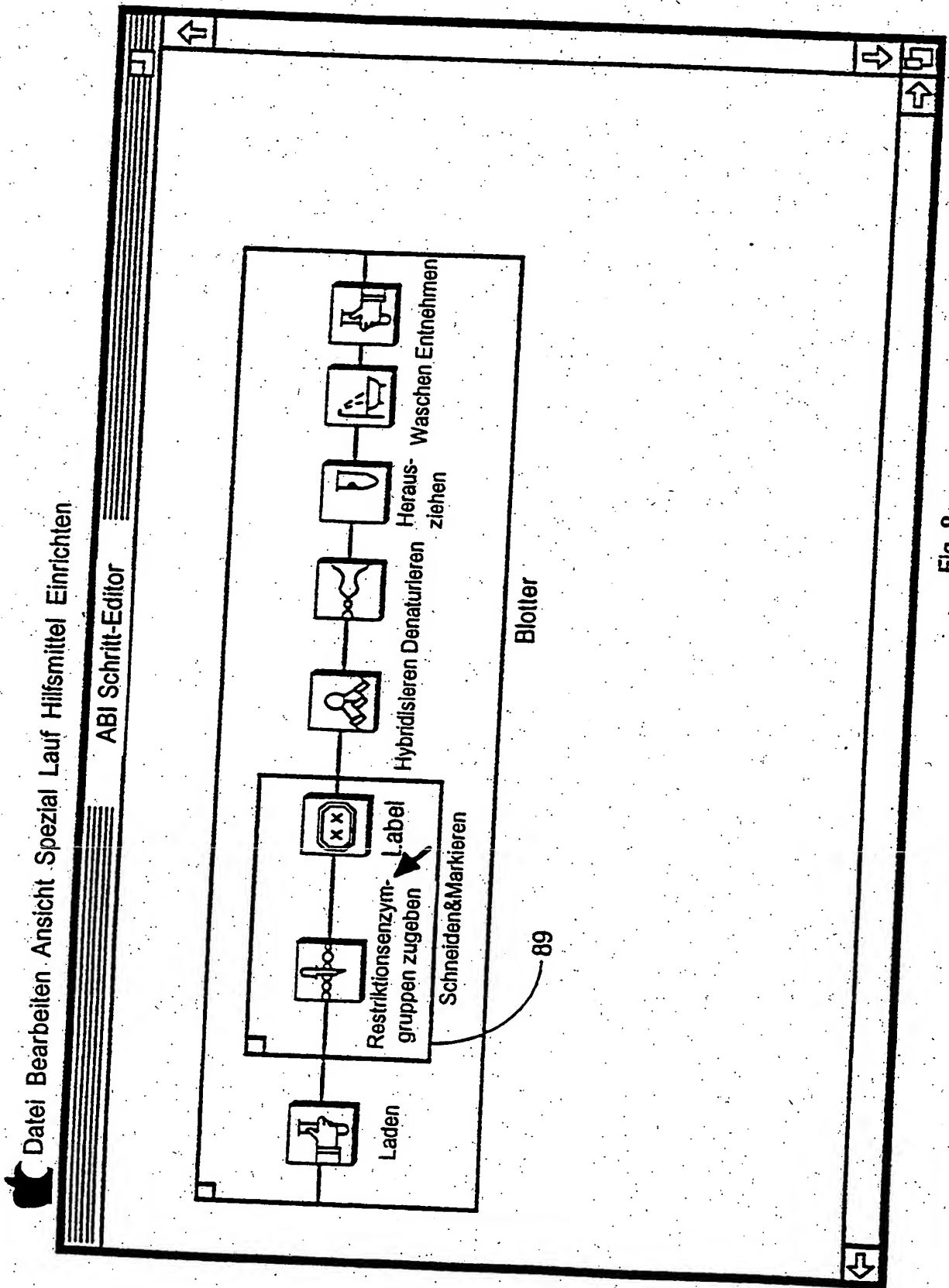


Fig. 8

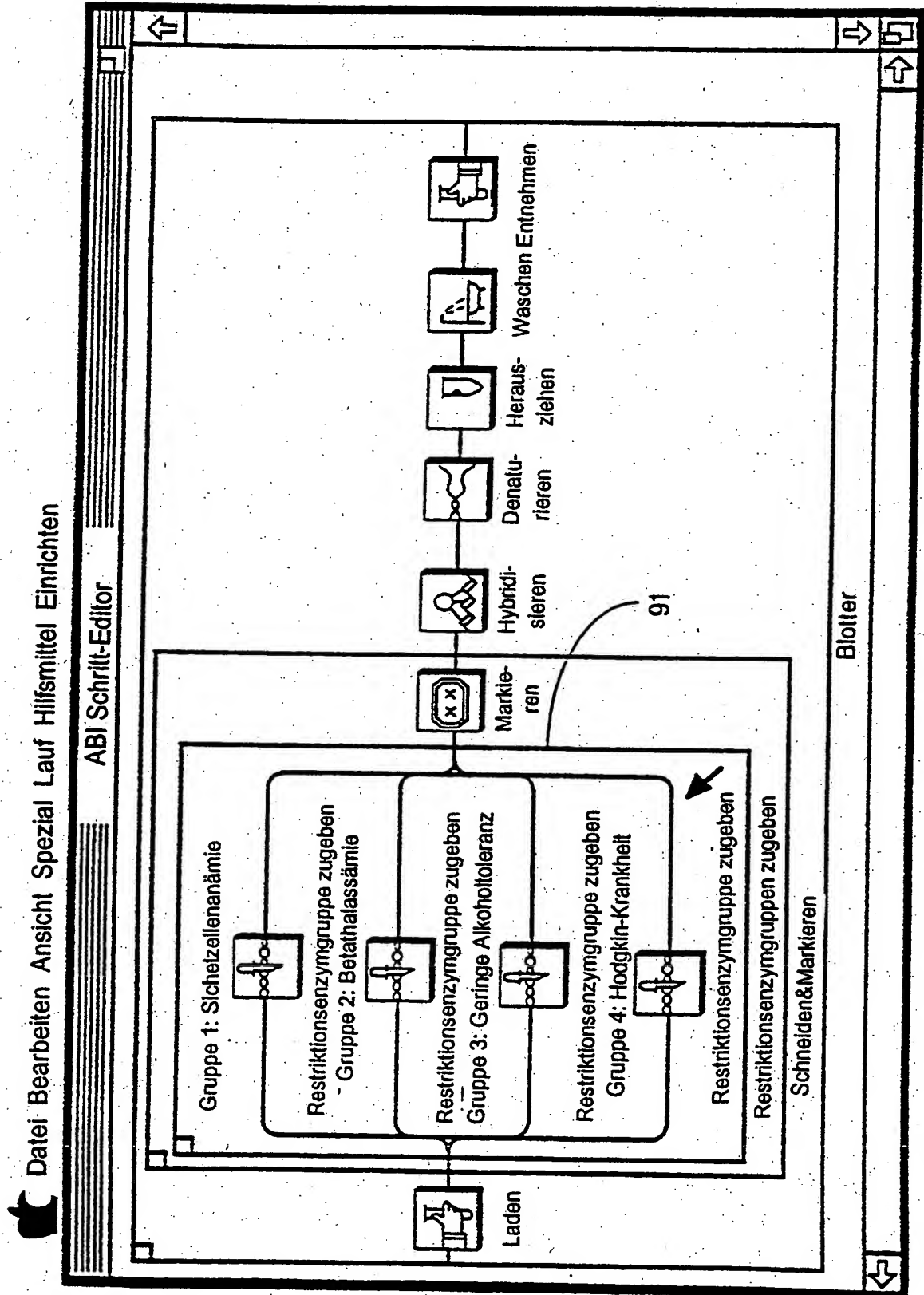


Fig. 9

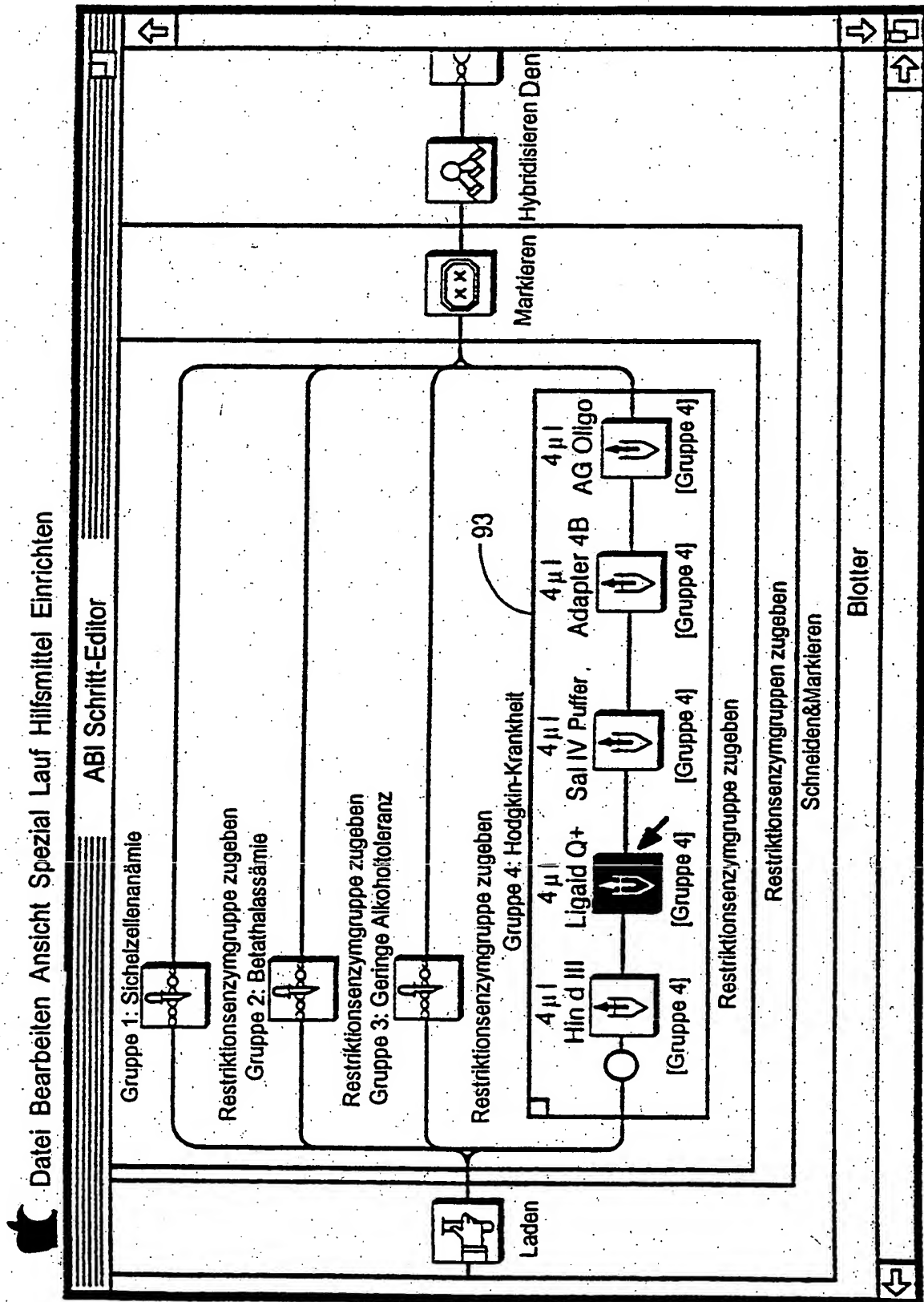


Fig. 10

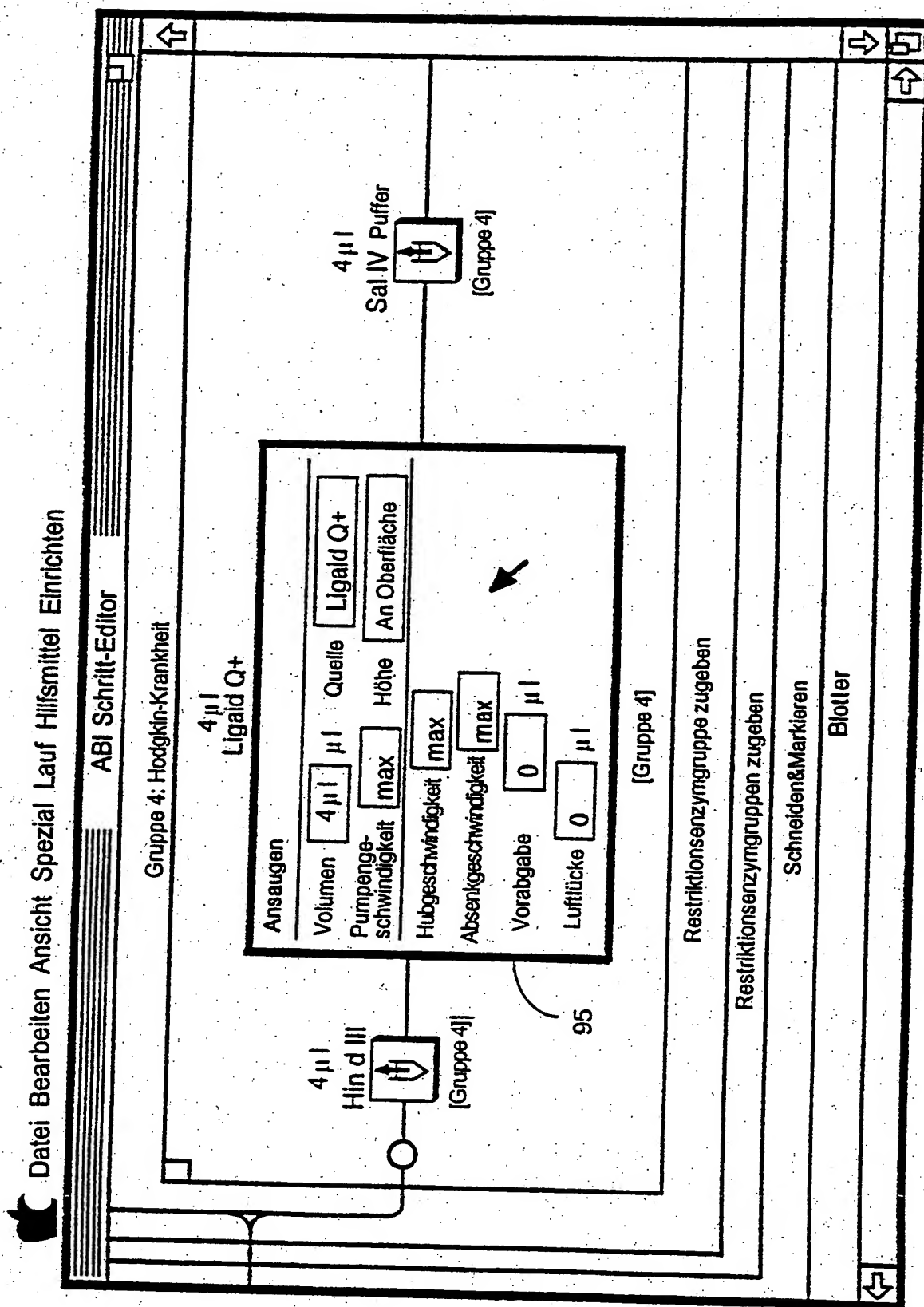


Fig. 11

| Datei                  |   |   |
|------------------------|---|---|
| Neu                    | ⌘ | N |
| Öffnen                 | ⌘ | O |
| -----                  |   |   |
| Schließen              | ⌘ | W |
| Sichern                | ⌘ | S |
| Sichern unter...       |   |   |
| Kopie sichern unter... |   |   |
| Alte Fassung           |   |   |
| -----                  |   |   |
| Papierformat           |   |   |
| Drucken                | ⌘ | P |
| -----                  |   |   |
| Beenden                | ⌘ | Q |

Fig. 12

| Bearbeiten       |   |   |
|------------------|---|---|
| Widerrufen       | ⌘ | Z |
| -----            |   |   |
| Ausschneiden     | ⌘ | X |
| Kopieren         | ⌘ | C |
| Einsetzen        | ⌘ | V |
| Löschen          |   |   |
| -----            |   |   |
| Farbe einstellen | ⌘ | K |

Fig. 13

| Ansicht           |   |   |
|-------------------|---|---|
| Einzoomen         | ⌘ | O |
| Auszoomen         | ⌘ | W |
| Als Test anzeigen | ⌘ | S |
| Notizen verbergen |   |   |

Fig. 14

| Spezial               |  |
|-----------------------|--|
| Methode prüfen        |  |
| Volumen neu berechnen |  |

Fig. 15

| Lauf      |  |
|-----------|--|
| Start     |  |
| Anhalten  |  |
| Wieder-   |  |
| aufnehmen |  |
| Abbrechen |  |

Fig. 16

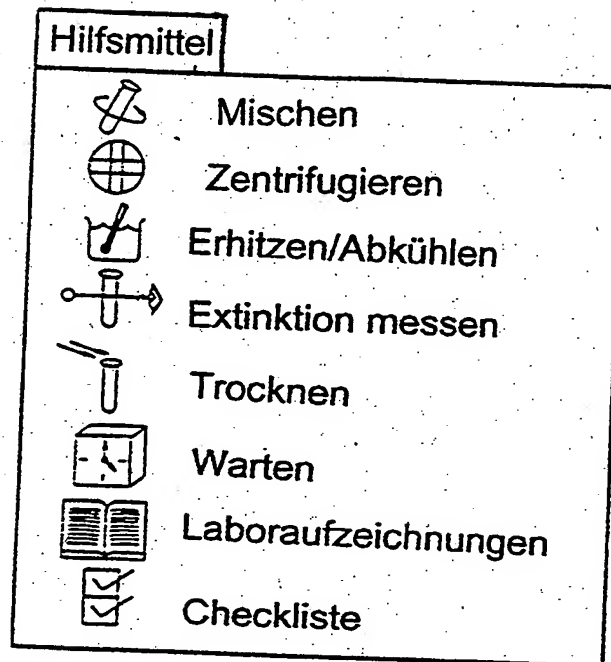


Fig. 17

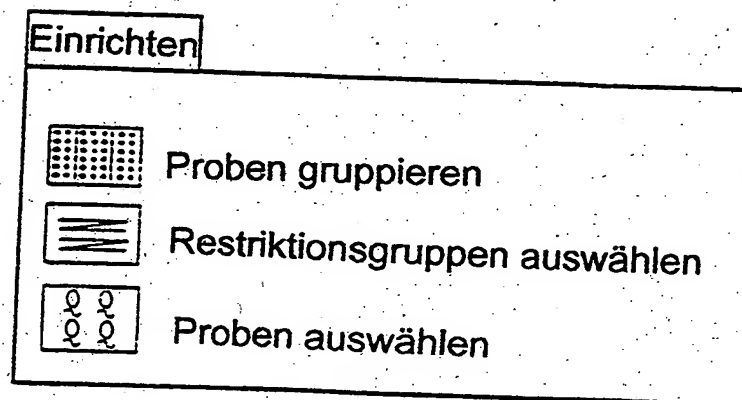


Fig. 18



Proben gruppieren:

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  |
| B |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| C |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| D |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| E |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| F |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| G |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |
| H |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |

☐ Gruppe 1      ☐ Sichelzellenanämie

☐ Gruppe 2      ☐ Betathalassämie

☐ Gruppe 3      ☐ Geringe Alkoholtoleranz

☐ Gruppe 4      ☐ Hodgkin-Krankheit

☐ Nicht benutzt

☐ Nicht benutzt

Fig. 19

**Restriktionsgruppe auswählen**

**Probengruppen**

|                            |
|----------------------------|
| 1. Sichelzellenanämie      |
| 2. Betathalassämie         |
| 3. Geringe Alkoholtoleranz |
| 4. Huntington-Chorea       |

**Enzym**

|           |
|-----------|
| Hln C II  |
| Hln D III |
| Hln F I   |
| Hln P I   |
| Hpa II    |
| Hpa I     |
| Hph I     |
| Kpn II    |
| Mbo II    |

**Schnittmuster**

|              |
|--------------|
| .. AAGCTT .. |
| .. TTCGAA .. |

**Puffer**

|       |
|-------|
| Sal 5 |
|-------|

**Adaptermolekül**

|       |
|-------|
| Keins |
|-------|

**fluoreszierend Oligo**

|           |
|-----------|
| AG Orange |
| GC Grün   |

**Ligaid**

|           |
|-----------|
| AG Orange |
| GC Grün   |

**OK** **Löschen**

Fig. 20

Proben auswählen

Probe

AAGA

OK

Löschen

1. Sichelzellenanämie

2. Betathalassämie

3. Geringe Alkoholtoleranz

4. Huntington-Chorea

Fig. 21

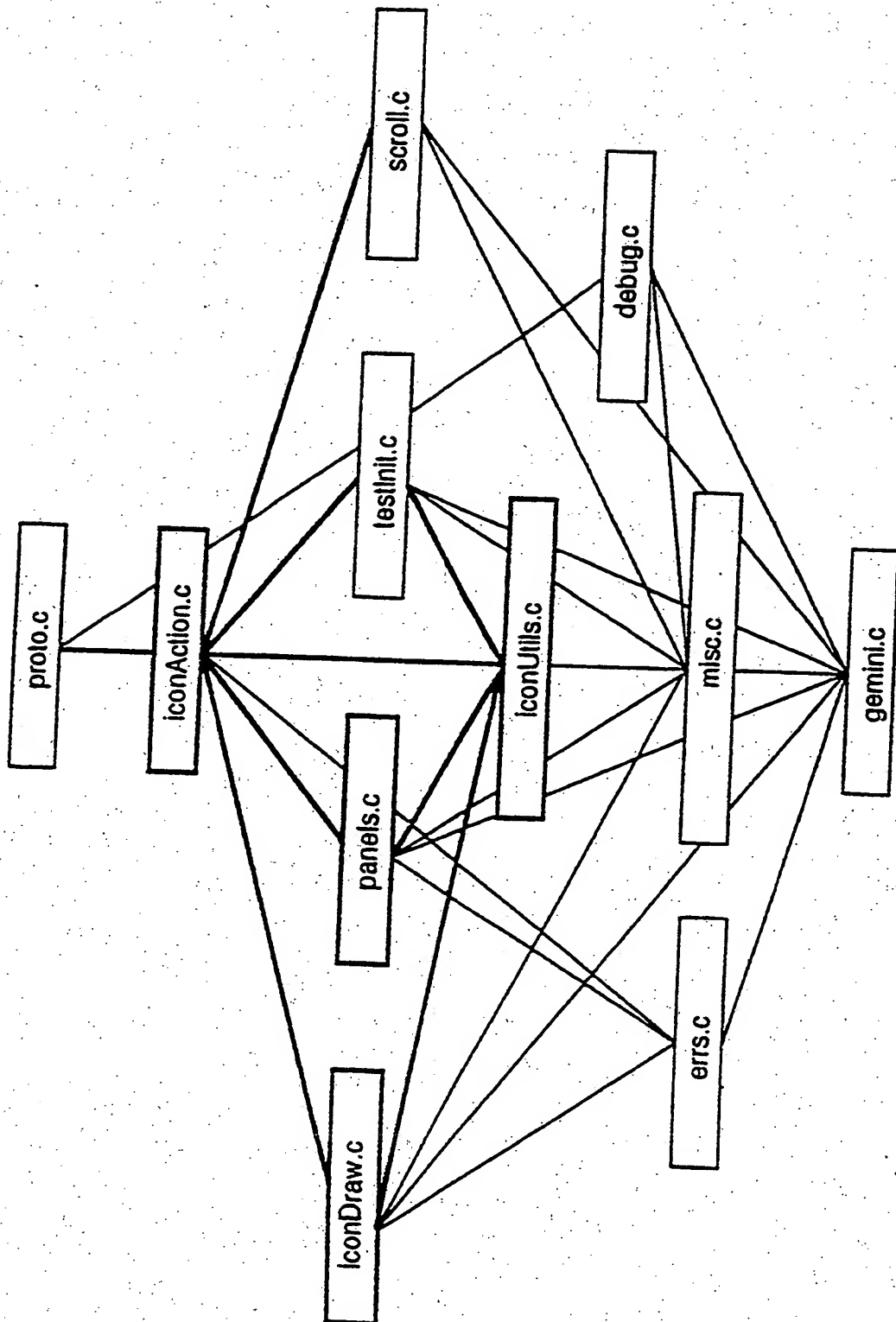


Fig. 22